

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2011

Procházková Eliška

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program: strojírenská technologie

Zaměření: obrábění a montáž

Renovace břitu nástrojů nožových mlýnů ve firmě:

Jan Procházka – Kovoobrábění, Liberec

The Renovation of The Cutting Edge of Knife Mills in The Company:

Jan Procházka – Metalworking, Liberec

KOM - 1144

Eliška Procházková

Vedoucí práce:

Ing. Jiří Lubina Ph.D

Konzultant:

Ing. Otto Pokorný – vedoucí výroby Terier s.r.o.

Počet stran: 68

Počet příloh: 5

Počet tabulek: 26

Počet obrázků: 16

Počet grafů: 9

Označení BP: 1144

Řešitel: Eliška Procházková

Renovace břitu nástrojů nožových mlýnů ve firmě: Jan Procházka – Kovoobrábění, Liberec

ANOTACE:

Bakalářské práce popisuje současný způsob renovace břitu nástrojů nožových mlýnů pomocí třískového obrábění včetně technologických postupů, norem času a ekonomického zhodnocení užívaných technologií. Zabývá se snížením nákladů na renovaci břitů nástrojů nožových mlýnů a to zvýšením trvanlivosti břitu nástrojů použitých při obrábění.

Navrhuje způsob zvýšení trvanlivosti vyměnitelných břitových destiček a to změnou jejich uložení ve frézovací hlavě. Tímto způsobem obrábění dojde k podstatnému snížení nákladů na renovaci břitů nástrojů nožových mlýnu a závěry lze aplikovat i na frézování jiných dílů vyrobených z kalených nástrojových ocelí.

The Renovation of The Cutting Edge of Knife Mills in The Company: Jan Procházka – Metalworking, Liberec

ANNOTATION:

The bachelor thesis describes the current method of renovation of the cutting edge of knife mills using cutting operation including technological processes, standard time and economic exploitation of used technology. It deals with cost reduction of renovating the cutting edge of knife mills by increased durability of cutting edge used for machining.

It proposes a method for increasing durability of replaceable cutting plate by changing the storage in milling head. Cutting this way will get a substantiv reduction in costi for renovating the cutting edge of knife mills and the conclusions can be applied also to the milling other parts made of hardened tool steel.

Klíčová slova: nožový mlýn, nůž, břit

Keywords: knife mill, knife, edge

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2010

Archivní označ. zprávy:

Počet stran:	68
Počet příloh:	5
Počet obrázků:	16
Počet tabulek:	26
Počet grafů:	9

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum 26. 11. 2010

Procházková Eliška

Obsah

1 Úvod	8
2 Rozbor úkolu	9
2.1 Rozbor výkresové dokumentace.....	9
2.2 Množství vyráběných dílů	10
2.3 Rozbor zkušebních vzorků.....	10
2.4 Závěry rozboru	12
3 Technologický proces a jeho produktivita.....	13
3.1 Struktura technologického procesu.....	13
3.2 Produktivita obrábění	13
3.3 Modelové schéma výpočtu	14
3.3.1 Celkové náklady	14
3.3.2 Stanovení spotřeby času	16
4 Broušení.....	18
4.1 Volba stroje	18
4.2 Volba nástroje	18
4.3 Snímek operace.....	19
4.3.1 Časy jednotlivých úkonů	19
4.3.2 Rozdělení časů dle jejich charakteristik	20
5 Frézování nástrojem s vyměnitelnými břitovými destičkami	23
5.1 Volba nástroje a startovacích řezných podmínek.....	23
5.1.1 Identifikace obráběného materiálu	23
5.1.2 Volba tělesa frézovacího nástroje.....	23
5.1.3 Volba geometrie vyměnitelné břitové destičky	24
5.1.4 Volba řezného materiálu.....	25
5.1.5 Přiřazení operace do skupiny dle jejího charakteru.	26
5.1.6 Volba optimálních řezných podmínek	26
5.1.7 Výběr nástroje	27
5.2 Volba stroje	28
5.3 Snímek operace.....	29
5.3.1 Časy jednotlivých úkonů	29

5.3.2 Roztřídění časů dle jejich charakteristik	30
6 Výpočet nákladů	32
6.1 Rozbor vstupních hodnot.....	32
6.2 Frézování – výpočet nákladů	38
6.2.1 Náklady na strojní práci.	38
6.2.2 Náklady na nástroje	38
6.2.3 Vedlejší náklady.....	39
6.3 Broušení – výpočet nákladů	39
6.3.1 Náklady na strojní práci.	39
6.3.2 Náklady na nástroje.	39
6.3.3 Vedlejší náklady.....	40
6.4 Porovnání nákladů na frézování a broušení	40
6.4.1 Porovnání metod.....	40
6.4.2 Broušení - závěr.....	41
6.4.3 Frézování - závěr.	42
7 Možnosti snižování nákladů u frézování	43
7.1 Zvyšování výkonu	43
7.2 Závislost výkonu na trvanlivosti nástroje.....	44
7.3 Zvyšování trvanlivosti.....	45
7.4 Opotřebení nástroje z SK	48
7.4.1 Opotřebení otěrem	48
7.4.1.1 Abrazie.	49
7.4.1.2 Adheze	49
7.4.1.3 Difuze.	49
7.4.1.4 Oxidace.	50
7.4.2 Faktory ovlivňující způsob opotřebení a možnost jejich eliminace.	50
7.4.3 Opotřebení plastickou deformací a křehkým lomem.	51
8 Měření trvanlivosti na vybraném vzorku	51
8.1 Postup měření.....	51
8.2 Způsob měření opotřebení	51
8.3 Měření trvanlivosti a opotřebení nástroje.....	52

8.4 Výsledky měření.....	52
8.5 Rozbor výsledků	53
8.6 Možná řešení.....	55
9 Měření trvanlivosti nástroje a výpočet nákladů při použití nové metody	57
9.1 Měření trvanlivosti.....	57
9.1.1 Postup měření.....	57
9.1.2 Výsledky měření trvanlivosti a drsnost povrchu	58
9.1.3 Zhodnocení měření	59
9.2 Výpočet nákladů	59
9.2.1 Náklady na nástroje.	59
9.2.2 Náklady celkem	60
10 Vyhodnocení výsledků.	61
11 Závěr.	63
11.1 Renovace nožů do nožových mlýnů.....	63
11.2 Optimalizace obrábění kalených nástrojových ocelí	63
12 Použitá literatura.....	66
13 Seznam obrázků, tabulek a grafů.....	67
14 Seznam příloh.....	68

Seznam použitých zkratk:

Vbd – vyměnitelná břitová destička

SK – slinutý karbid

1. Úvod

Nože jsou určeny do nožových mlýnů. Nožový mlýn je zařízení, které slouží k mletí a drcení technologických odpadů, zmetků a vyřazených nepoužitelných výrobků z plastu, pryže, kůže apod. Nožové mlýny jsou vyráběny v několika rozměrových řadách. Nože jsou svěrným spojením upevněny ve statorové skříni a na rotoru. Nože se i při dodržení všech podmínek provozu opotřebují, bříty jsou vylámané. Což je dáno i tím, že technologický odpad může obsahovat i některé tvrdé příměsi, čemuž se nedá zcela zabránit, ani když je drcen odpad tříděný. V dnešní době kdy je kladen stále větší důraz na ekologickou likvidaci odpadu, kterou jeho recyklace bez pochyby je, se dá předpokládat nárůst výroby zařízení určených k likvidaci odpadu a tím i nožových mlýnů.

Trendem je, aby trvanlivost nožů byla pokud možno co nejdelší, aby nebylo nutné jejich časté přebušování. Protože při přebušování nožů dochází k prostojům, rostou náklady na údržbu a zpracování odpadu se prodražuje. Proto jsou na výrobu nožů používány stále odolnější materiály. Výrobci ocelí přicházejí se stále novými materiály. Jedním z těchto výrobců je i koncern Bohler Uddeholm AG, což je v současné době největší světový výrobce nástrojové oceli. Koncern vznikl sloučením rakouské firmy Bohler a švédské Uddeholm Tooling AB, která byla založena před více, než 300 lety. Nástrojové oceli Uddeholm jsou vysoce kvalitní. Firma vyrábí oceli pro několik oblastí využití. Jedná se především o oceli pro práci za tepla, pro práci za studena a pro zpracování plastů. Nože jsou vyráběny z ocelí pro práci za studena, které jsou charakteristické především vysokou odolností proti opotřebení, tlakovému namáhání a vysokou houževnatostí. Vedle ocelí vyráběných konvenční technologií, firma dodává i oceli vyráběné technologií práškové metalurgie. Tyto oceli jsou vhodné i pro nejnáročnější použití. Těchto vlastností je dosahováno jednak využíváním nových technologií při výrobě oceli a dále množstvím legovacích prvků [11]. Toto vede k neustálému nárůstu cen oceli. Především u ocelí vyráběných technologií práškové metalurgie může cena přesáhnout i 1.000,-Kč/kg.

Vzhledem k těmto okolnostem se výrobce nožových mlýnů rozhodl zvážit možnost renovace nožů, protože k opotřebení dochází jen na břitu nože. Přesto, že jsou nože vyrobeny z vysoce odolných materiálů, dochází k vylamování břitu a tím ke zhoršení funkčnosti mlýnu nebo drtiče a ke zhoršení kvality recyklátu.

2. Rozbor úkolu

K dispozici máme:

- výkresovou dokumentaci
- množství vyráběných nožů
- sérii zkušebních vzorků

2.1. Rozbor výkresové dokumentace

Specifikace dílu

Nožové mlýny jsou vyráběny v několika rozměrových řadách. Nože jsou svěrným spojem upevněny ve statorové skříni a na rotoru. Tvar nožů je neměnný, ale rozměry odpovídají rozměrovým řadám vyráběných mlýnů. Také materiál, ze kterého jsou nože vyráběny, se liší podle toho, který technologický odpad bude drcen. Jiný materiál je použit například na mletí výrobků z PVC, jiný na mletí výrobků z PE a podobně.

Základním rysem všech použitých materiálů je, že se jedná o nástrojovou ocel, která musí mít vysokou odolnost proti vylamování a praskání, vysokou pevnost v tlaku, vysokou odolnost proti opotřebení, vysokou prokalitelnost a vysokou tvrdost po kalení.

Nože jsou vyráběny z polotovaru ČSN42 5522 (tyče ploché). Protože způsob renovace se nebude příliš lišit u jednotlivých rozměrových řad, nadále budeme uvažovat rozměry vzorků ze zkušební série. Stanovený způsob výroby bude použitelný i pro ostatní rozměrové řady. Polotovar nožů je 70x30-460. Po opracování by měli mít konečný rozměr 60x20-450. Šířka nožů je předdimenzovaná a to i s ohledem, na rozměry vyráběných polotovarů. Dle sdělení konstruktéra, je pro zachování plné funkčnosti nože je minimální rozměr, při kterém je nůž plně funkční 50x18-450. Z toho vyplývá, že rozměry nože renovaci umožňují, protože u nožů dochází k opotřebení pouze řezné hrany. Renovaci je nutné provést tak, aby rozměry všech nožů po renovaci byly stejné. To znamená, že ze všech nožů je nutné odebrat takovou vrstvu, jaké je největší opotřebení nože.

Přesnost

Protože výrobky musí být vyrobeny s takovou, aby plnily požadovanou funkci a byl zaručen jejich spolehlivý provoz, je nutné pro stanovení způsobu výroby znát přípustnou

nepřesnost výroby. Z výkresu je patrné, že jediným tolerovaným rozměrem je tloušťka nože. Ostatní rozměry jsou netolerovalé. Na výkrese je předepsáno tolerování dle ISO 8015, to znamená, že zde bude uplatněno pravidlo nezávislosti a rozměr s jeho tolerancí a geometrická tolerance budou posuzovány nezávisle. Dalším údajem, který je možné vyčíst v výkresové dokumentaci, je třída přesnosti, je předepsáno ISO 2768-mL, což značí střední přesnost, u rozměrů a hrubou geometrických tolerancí. Ta tak bude vztažena na všechny tolerance, které nejsou předepsány.

Drsnost povrchu

Na celém obrobku s výjimkou jedné plochy je požadována drsnost 6.3. Na jedné z ploch je požadována drsnost 0,8.

2.2. Množství vyráběných dílů

Nožové mlýny jsou vyráběny na zakázku, přímo dle požadavků konkrétního zákazníka. Tak i nože jsou malosériovou výrobou. Velikost série je odhadována na 200 ks v jedné rozměrové řadě. Série se opakují nepravidelně, jsou závislé na poptávce. Ale dá se předpokládat, že pokud se podaří najít optimální způsob renovace, tj. cenově výhodný pro zákazníka, bude poptávka nadále růst.

2.3. Rozbor zkušebních vzorků

K dispozici máme 4 sady zkušebních vzorků, z různých materiálů. Každá sada obsahuje 6 opotřebovaných nožů. Nože byly vyrobeny třískovým obráběním. Nejprve byly hrubovány, poté zakaleny na požadovanou tvrdost a následně byly funkční plochy broušeny. Aby bylo možné stanovit optimální způsob renovace bylo nutné zhodnotit jednotlivé série vzorků z hlediska chemického složení a mechanických vlastností použitého materiálu, dále bylo nutné zjistit tvrdost vzorků a jejich aktuální rozměry. Dále bylo nutné zhodnotit opotřebení nožů a tím i stanovit, jaké množství materiálu bude při renovaci nutné odebrat.

a) Chemické složení

Ocel → Chemické složení [%] ↓	Thyrodur 2360	Sverker 21	Vanadis 4 Extra	19312
C – uhlík	0,5	1,55	1,40	0,90
Si – křemík	1,20	0,30	0,40	0,40
Mn – mangan	0,35	0,40	0,40	2,15
Cr – chrom	7,30	11,80	4,70	0,25
Mo – molybden	1,50	0,80	3,50	-
V – vanad	0,50	0,80	3,70	-

Tabulka 1 – chemické složení ocelí [11]

b) Mechanické vlastnosti

Ocel → Mechanické vlastnosti ↓	Thyrodur 2360	Sverker 21	Vanadis 4 Extra	19312
Předpokládaná tvrdost [HRC]	61 – 63	60 – 62	62 – 64	60 – 63
Měrná hmotnost [kg/m ³]	7700	7700	7700	7700
Modul pružnosti [MPa]	210000	210000	206000	210000
Pevnost v tlaku [MPa]	2100	2200	2300	2100

Tabulka 2 – mechanické vlastnosti ocelí [11]

c) Skutečná tvrdost

Oceli	Thyrodur 2360	Sverker 21	Vanadis 4 Extra	19312
Tvrdost [HRC]	61,13	60	63,07	62,09

Tabulka 3 – skutečná tvrdost vzorků, dle přílohy č. 1

d) Aktuální rozměry

Ocel → Rozměr [mm] ↓	Originál z výkresu	Toleranční pole	Thyrodur 2360	Sverker 21	Vanadis 4 Extra	19312
A – šířka	40,23	±0,3	40,1	40,51	40,17	40,2
B – tloušťka	20	+0 -0,2	19,89	19,87	19,95	19,90
C – délka	599	±0,8	598,76	599,12	599,37	599,25
D – úhel	30°	±0°30′	30°12′	29°58′	30°16′	30°08′
E – úhel	30°	±0°30′	29°49′	30°05′	30°14′	30°19′
Opotřeбені			2,01	1,71	1,75	1,63

Tabulka 4 – aktuální rozměry vzorků

Od každého materiálu byl vybrán nůž s největším opotřebením, z tabulky vyplývá, že největší vrstvu bude nutné odebrat u nože z materiálu Thyrodur 2360. V dalších výpočtech budeme uvažovat odebíranou vrstvu 2,1 mm. Rozměr A by tak měl mít po obrábění 38,13 mm. Tento rozměr tak bude klíčový a jeho parametry budeme kontrolovat.



Obrázek 1 – nůž z nožového mlýna po opotřebení

2.4. Závěry rozboru

Z provedeného rozboru je patrné, že nejvhodnějším způsobem dokončení je klasická metoda obrábění řeznými nástroji. Speciální metody obrábění se jeví jako nevhodné vzhledem k jejich vysoké ceně a malé dostupnosti. Pořízení speciálních strojů a nástrojů je rovněž nevhodné především z ekonomického hlediska, protože se jedná o malosériovou výrobu.

Pro obrábění vzorků je nejvhodnější použití konvenčních obráběcích strojů, které máme k dispozici. Vzhledem k předepsané rozměrové toleranci a drsnosti povrchu je nejvhodnější metodou frézování, které je schopné plně zajistit požadovanou kvalitu. Bohužel se jedná o kalenou nástrojovou ocel. Tvrdost všech vzorků je větší, než 60 HRC s ohledem na tvrdost materiálu, pokud nepoužijeme speciální technologie, se jeví frézování jako poněkud problematické. Další metodou, která přichází v úvahu je broušení.

Přídavek na obrábění je, ale pro broušení poměrně velký. Z tohoto pohledu se odbroušení celého přídavku jeví jako poměrně nákladné. Vzhledem k velikosti přídavku by nejefektivnější metodou bylo frézování a broušení by mohlo být využito už jen jako konečná operace po zmenšení přídavku, pokud by kvalita povrchu po frézování byla nedostatečná.

Vzhledem k tvrdosti materiálu bude frézování obtížnější. Úspěšnost a efektivnost bude záležet na vhodné volbě nástroje. U této metody bude, tak zřejmě nejdůležitějším kritériem z ekonomického hlediska cena a trvanlivost nástroje. Toto bude rozdíl proti broušení, kde nejdůležitějším kritériem bude výrobní čas. Ten u frézování bude nepoměrně kratší, protože

zde je možné volit několika násobně větší hloubku řezu než u broušení. Obě metody budou vyzkoušeny a posouzeny jak z hlediska ekonomického, tak z hlediska dodržení předepsaných tolerancí a drsnosti povrchu.

3. Technologický proces a jeho produktivita

3.1. Struktura technologického procesu

Jak již bylo řečeno v úvodu, pro renovaci nožů budou použity dvě technologie. Nože budeme brousit a frézovat. Obě metody budou porovnány jednak z hlediska nákladů na obrábění a dále z hlediska dosažené rozměrové přesnosti a drsnosti povrchu. K obrábění budou využity konvenční stroje. Jedná se o malosériovou výrobu, proto se jejich použití jeví jako neoptimálnější. Důraz bude kladen na to, aby byly využity stroje běžně dostupné, kterými je vybavena prakticky každá obrobna. To znamená, že zvolené způsoby by měly být univerzálně použitelné se standardním vybavením obrobny.

U každého způsobu bude vybrán vhodný nástroj a stroj. Pro každý způsob bude znormován výkon. U broušení zřejmě nebude složení materiálu hrát nijak významnou roli. Všechny vzorky jsou zakaleny a jejich tvrdost se z pohledu broušení příliš neliší. V případě frézování bude mít chemické složení oceli a její mechanické vlastnosti zřejmě větší váhu. Obě metody budou porovnány z hlediska nákladů a z hlediska dosažené rozměrové přesnosti a jakosti povrchu. Dále bude pozornost zaměřena na snížení nákladů. Obě metody budou porovnány, bude proveden rozbor nákladů a zváženy možnosti a směry možných snížení. Tyto budou následně vyzkoušeny, abychom našli neoptimálnější způsob opracování a to z hlediska nákladů, tak z hlediska dodržení přesnosti a jakosti povrchu.

Všechny ceny, s kterými bude ve výpočtech kalkulováno, budou ceny obvyklé a budou uvedeny bez daně z přidané hodnoty.

3.2. Produktivita obrábění

Základní podmínkou hospodárného obrábění jsou minimální celkové náklady na zhotovení daného počtu výrobků při zachování požadované jakosti. Pro dosažení minimálních nákladů je důležitým hodnotícím kritériem produktivita obrábění, kterou můžeme hodnotit buďto počtem výrobku, které vyrobíme za jednotku času nebo časem

potřebným na jejich výrobu [4]. V našem případě se jevila vhodnější metoda určení času na výrobu jednoho výrobku, protože nám jde především o porovnání dvou metod obrábění. Produktivita, ale není jediným faktorem, který ovlivňuje celkové náklady. Protože pokud bychom se zabývali pouze produktivitou, bylo by možné zvyšováním řezné rychlosti, posuvu a hloubky řezu zvyšovat produktivitu prakticky do mezních stavů, které snese soustava stroj – nástroj – obrobek – přípravek. Dalším faktorem, je proto také hospodárnost obrábění. To znamená, že je nutné zvolit takový stroj, nástroj a řezné podmínky, abychom vytvořili vyvážený poměr mezi produktivitou obrábění a jeho hospodárností. Pro stanovení celkových nákladů na obrábění použijeme dnes obvyklou metodu, která je založena na součtu dílčích nákladů, které zohledňují jak produktivitu, tak i hospodárnost obrábění. Při použití této metody budeme moci posoudit, jak nám jednotlivé položky ovlivňují proces obrábění a tím zvážit, které náklady jsou rozhodující a je třeba se na ně zaměřit a pokusit se najít možnost jejich snížení.

3.3. Modelové schéma výpočtu

Modelové schéma výpočtu nám poskytne obraz o tom, jaké vstupní hodnoty budeme pro výpočet optimálních nákladů potřebovat.

3.3.1. Celkové náklady jsou součtem dílčích nákladů [1]

$$N_c = N_s + N_v + N_n \quad (1)$$

N_s – jsou náklady na strojní práci v Kč

N_v – jsou náklady na vedlejší práce v Kč

N_n – jsou náklady na nástroje v Kč

a) Náklady na strojní práci [3]

$$N_s = t_{AS} \cdot \left[k_C \cdot \frac{M_o}{60} \cdot \left(1 + \frac{RNS_{PL}}{100} \right) + \frac{N_{sh}}{60} \right] = t_{AS} \cdot N_{sm} \quad (2)$$

t_{AS} – celkový strojní čas v min

N_{sm} – náklady na strojní práci v Kč/min

k_C – přírážka směnového času

M_o – tarifní mzda obráběče v Kč/hod

RNS_{pL} – režijní náklady střediska v %

N_{sh} – odpisy stroje, jeho údržba a spotřeba energie na 1 hod práce [1]

$$N_{sh} = \frac{C_s}{p} \cdot U + C_E \quad (3)$$

C_s – pořizovací cena stroje v Kč

p – celkový počet hodin práce stroje za dobu jeho životnosti

U – součinitel údržby a oprav stroje

C_E – náklady na energii v Kč za 1 hodinu práce stroje

b) Náklady na nástroje [3]

$$N_n = z_v \cdot N_{nT} + N_{nV} \quad (4)$$

z_v – počet výměn nástroje, vztažený na jeden operační úsek

N_{nT} – náklady na provoz břitu nástroje vztažené na jednu trvanlivost břitu v Kč

N_{nV} – náklady na výměnu nástroje v Kč

$$z_v = \frac{t_{AS}}{T} \quad (5)$$

T – trvanlivost nástroje v min

Náklady na nástroje jsou součtem nákladů na nástroj a nákladů na jeho výměnu po opotřebení. U nákladů na nástroje je třeba rozlišovat, zda se jedná o nástroje, které se přeostřují nebo o nástroje, které se po otupení vyhazují [3]. Protože budeme používat vyměnitelné břitové destičky, které se po opotřebení vyhazují i brusné kotouče, které se přeostřují, budeme používat oba vzorce. Vzorce, které se týkají vyměnitelných břitových destiček, budou mít index F, vzorce pro brusné kotouče index B.

Náklady na nástroje s výměnnými břitovými destičkami, které se nepřeostřují [3]

$$N_{nTF} = \frac{C_d \cdot z_d}{z_b} + (1 + k_{ut} - C_{zn}) \cdot \frac{C_m}{z_u} \quad (6)$$

C_d – cena břitové destičky v Kč

z_d – počet břitových destiček na nástroji

z_b – počet břitů na destičce

k_{ut} – koeficient údržby tělesa nástroje

C_m – cena tělesa nástroje v Kč

z_u – předpokládaný počet upnutí destiček za dobu životnosti tělesa nástroje

C_{zn} – zbytková cena nástroje v Kč

Náklady na nástroje, které se přeastřují [3]

$$N_{nTB} = \frac{C_n - C_{zn}}{z_o + 1} + t_{os} \cdot k_C \cdot \frac{M_{os}}{60} \cdot \left(1 + \frac{RNO_{pl}}{100}\right) \cdot \frac{z_o}{z_o + 1} \quad (7)$$

C_n – cena nástroje v Kč

C_{zn} – zbytková cena nástroje v Kč

z_o – počet možných přeastření nástroje

t_{os} – čas ostření v minutách

k_C – přírážka směnového času

M_{os} – mzda ostříče v Kč

RNO_{pl} – režijní náklady ostřírny v %

Náklady na výměnu nástroje [3]

$$N_{nV} = t_{vn} \cdot \left[k_C \cdot \frac{M_{se}}{60} \cdot \left(1 + \frac{RNSE_{pl}}{100}\right) \right] \cdot z_v \quad (8)$$

t_{vn} – čas na výměnu nástroje v minutách

M_{se} – mzda seřizovače

$RNSE_{pl}$ – režijní náklady seřizování v %

c) Vedlejší náklady [3]

$$N_v = t_{AV} \cdot \left[k_C \cdot \frac{M_o}{60} \cdot \left(1 + \frac{RNS_{pl}}{100}\right) \right] \quad (9)$$

t_{AV} – vedlejší čas v minutách

M_o – mzda obráběče v Kč/hod

RNS_{pl} – režijní náklady střediska v %

3.3.2. Stanovení spotřeby času

Abychom mohli spočítat náklady na danou operaci, musíme stanovit spotřebu času. Metod a zjišťování a určování spotřeby času je celá řada. Můžeme použít metodu skutečného zjišťování času nebo určit čas pomocí normativů.

Celkový čas na sérii vypočteme podle vzorce [6]:

$$T_c = t_{AC} + \frac{t_{BC}}{n} \quad (10)$$

t_{AB} – norma jednotkového času s přírážkou směnového času [6]

$$t_{AC} = t_A \cdot k_C \quad (11)$$

t_A – čas jednotkové práce

t_{BC} – norma dávkového času s přírážkou směnového času [6]

$$t_{BC} = t_B \cdot k_C \quad (12)$$

t_B – čas dávkové práce

n – počet kusů v sérii

k_C – koeficient přírážky směnového času [6]

$$k_C = \frac{T}{T - t_c} \quad (13)$$

T – čas směny celkový

t_c – čas směnové práce

Čas pracovníka se skládá z různých složek času, jsou to časy, které jsou přímo úměrné počtu kusů, počtu dávek nebo počtu směn [6]. Protože budeme porovnávat dvě metody obrábění, nejdůležitější budou jednotkové a časy dávkové, čas směny nebude hrát nijak velkou roli, protože bude u obou operací prakticky shodný. Proto bude v tomto případě výhodné použít při zjišťování času kombinaci metod skutečného zjišťování času a stanovení času dle normativů. Protože bychom mohli použít pouze metodu skutečného ujišťování času, museli bychom provést snímek pracovního dne, což se jeví jako zbytečné. Postačí, pokud provedeme pouze částečný snímek operace. Částečný v tom směru, že nebude nutné změřit celou operaci, ale pouze časy nutné k odebrání určité třísky. Tyto časy pak postačí vynásobit počtem třísek. Budeme měřit pouze časy práce a to jednotkový (t_{A1}) a dávkový (t_{B1}). Časy obecně nutných přestávek a podmíněně nutných přestávek určíme z normativů. Ještě jedna složka času, bude velmi důležitá, jak se později přesvědčíme a to čas potřebný na výměnu nebo ostření nástroje, tj. čas, který bude v přímé souvislosti k trvanlivosti nástroje.

4. Broušení

Broušení je způsob obrábění nástrojem s nedefinovanou geometrií břitu. Materiál je odebírán břity tvořenými zrny brusného materiálu. Brusná zrna mohou být spojena do požadovaného tvaru brusného nástroje. Brusná zrna jsou nepravidelně rozmístěna po obvodu nástroje a mají nestejnou geometrii břitu. Zrna mají různou velikost většinou záporné úhly čela a velké úhly hřbetu. Hlavní řezný pohyb koná většinou nástroj, který se otáčí. Materiál je odebírán současně velkým počtem břitů, průřezy třísek odebíraných jednotlivými břity jsou velmi malé. Je možné použít vysokou rychlost hlavního řezného pohybu. U kalených materiálů může vlivem tepla dojít ke vzniku trhlinek, proto je velmi důležitá volba vhodného brusiva a vhodných pracovních podmínek [4]. Abychom mohli proces broušení zhodnotit z ekonomického hlediska, musíme vybrat vhodný typ stroje, nástroje, zvolit optimální řezné podmínky a změřit časy potřebné k jednotlivým úsekům, případně úkonům dané operace.

4.1. Volba stroje

Jak již v úvodu bylo řečeno, budeme pro obrábění využívat standardní obráběcí stroje. Plocha, která má být broušena je rovinná, s jasně definovanou technologickou základnou. Nejvhodnějším strojem bude rovinná bruska. Máme k dispozici rovinnou brusku BPH 300. Bruska má příkon 7,5 kW, otáčky motoru v ose 2400 ot/min. Bruska má magnetický stůl. Rozměry stolu jsou 1000x300 mm. Bruska svými rozměry vyhovuje danému obrobku.

4.2. Volba nástroje

V současné době se trhu nacházejí brusiva několika firem. Zvolili jsme brusivo firmy TYROLIT CEE k. s., s kterým máme poměrně dobré zkušenosti a je běžně dostupným brusivem. K dispozici máme katalog výrobků výše uvedené firmy. Z typu stroje a rozměrů výrobku vybereme vhodný tvar a rozměr brusného kotouče z katalogu [8].

- a) Tvar – T1 – brousící kotouč plochý
- b) Rozměr – 250x25x76 DxTxH

Když máme zvolený tvar a rozměr kotouče musíme zvolit brousící materiál a pojivo. Budeme vycházet z toho, že máme brousit nástrojovou, legovanou ocel, kalenou s tvrdostí vyšší než 60 HRC.

- c) Brousící materiál – 98A – světle růžový korund

- d) Zrnitost (čistá zrna) – 46 – střední
- e) Tvrdost – J – měkká
- f) Struktura – 9 – velmi otevřená
- g) Typ pojiva – V – keramické
- h) Obvodová rychlost – C40 – maximální obvodová rychlost 40 m/s

Výsledkem je tedy brousící kotouč T1 250x25x76 98A 46 J 9 V C40

4.3. Snímek operace

Stroj: rovinná bruska BPH 300

Nejprve pomocí stopek změříme časy jednotlivých úkonů, které se budou v dané operaci vyskytovat, pak roztřídíme časy dle jejich charakteru.

4.3.1. Časy jednotlivých úkonů

Pořadové číslo	Popis operace	Čas [sec]
1	Demontáž stávajícího kotouče	300
2	Nasazení nového kotouče	600
3	Zapnutí stroje aby fungoval magnet	10
4	Upnutí orovnávače na magnetický stůl	18
5	Orovnání kotouče diamantovým orovnávačem	60
6	Sundání orovnávače ze stolu	10
7	Upnutí výklopného svěráku na stůl	240
8	Změření obrobku	10
9	Upnutí broušených podložek před a za svěrák	60
10	Vyrovnání a upnutí obrobku	90
11	Najet ručně příčným posuvem kotoučem nad obrobek se spuštěným podélným posuvem a spuštěným vřetenem	30
12	Škrtnout kotoučem o obrobek a nastavit 0 v ose z	30
13	Příčným posuvem najet obrobkem před kotouč	10
14	Nastavit hloubku řezu v ose z	10
15	Nastavit příčný posuv – rychlost a směr	15
16	Nastavit rychlost a podélný posuv	10
17	Zapnout stroj	5
18	Broušení (čas na jednu třísku $a_p = 0,02$, $f = 0,2$ mm) 105 přejetí stolu	514,5
19	Zastavení stroje	5
20	Zastavení stroje mimo obrobek	5
21	Změření obrobku	10
22	Vyjmutí obrobku	110
23	Vypnutí stroje	10
24	Sejmutí výklopného svěráku ze stolu stroje	240
25	Sejmutí broušených podložek ze stolu stroje	60

Tabulka 5 – časy jednotlivých úkonů při broušení

4.3.2. Roztřídění časů dle jejich charakterů

a) Norma jednotkového času t_{A1} při jedné tříse (odebraná vrstva 0,02 mm)

Pořadové číslo	Popis operace	t_{A11} [sec]	t_{AS} [sec]
8	Změření obrobku	10	
10	Vyrovnění a upnutí obrobku	90	
11	Najet ručně příčným posuvem kotoučem nad obrobek se spuštěným podélným posuvem a spuštěným vřetenem	30	
12	Škrtnout kotoučem o obrobek a nastavit 0 v ose z	30	
13	Příčným posuvem najet obrobkem před kotouč	10	
14	Nastavit hloubku řezu v ose z	10	
15	Nastavit příčný posuv – rychlost a směr	15	
16	Nastavit rychlost a podélný posuv	10	
17	Zapnout stroj	5	
18	Broušení	0	514,5
19	Zastavení stroje	5	
21	Změření obrobku	10	
22	Vyjmutí obrobku	110	
	Celkem	335	514,5

Tabulka 6 – norma jednotkového času při broušení

t_{A11} – čas jednotkové práce pravidelné za klidu

t_{ASi} – čas strojní na jednu třísku 0,02 mm

i – počet třísek na odebrání vrstvy 0,3 mm (i = 15)

t_{A13} – čas jednotkové práce strojně ruční

b) Norma dávkového času t_B

Pořadové číslo	Popis operace	t_B [sec]
2	Nasazení nového kotouče	600
3	Zapnutí stroje aby fungoval magnet	10
4	Upnutí orovnávače na magnetický stůl	18
5	Orovnání kotouče diamantovým orovnávačem	60
6	Sundání orovnávače ze stolu	10
7	Upnutí výklopného svěráku na stůl	240
9	Upnutí broušených podložek před a za svěrák	60
23	Vypnout stroj	10
24	Sejmutí výklopného svěráku ze stolu stroje	240
25	Sejmutí broušených podložek ze stolu stroje	60
1	Demontáž stávajícího kotouče	300
	Celkem	1608

Tabulka 7 – norma dávkového času při broušení

c) Norma času vztažená k trvanlivosti nástroje

Pro další výpočet je nutné určit, jaké časy se budou vztahovat k ostření kotouče a jaké k jeho výměně.

Pořadové číslo	Popis operace	t_{vv} při výměně kotouče[sec]	t_{vo} sec při ostření [sec]
20	Zastavit stroj mimo obrobek	5	5
1	Demontáž stávajícího kotouče	300	0
2	Nasazení nového kotouče	600	0
3	Zapnutí stroje aby fungoval magnet	10	10
4	Upnutí orovnávače na magnetický stůl	18	18
5	Orovnání kotouče diamantovým orovnávačem	60	60
6	Sundání orovnávače ze stolu	10	10
11	Najet ručně příčným posuvem kotoučem nad obrobek se spuštěným podélným posuvem a spuštěným vřetenem	30	30
12	Škrtnout kotoučem o obrobek a nastavit 0 v ose z	30	30
13	Příčným posuvem najet obrobkem před kotouč	10	10
14	Nastavit hloubku řezu v ose z	10	10
15	Nastavit příčný posuv – rychlost a směr	15	15
16	Nastavit rychlost a podélný posuv	10	10
17	Zapnout stroj	5	5
	Celkem	1113	213

Tabulka 8 – norma času vztažená k trvanlivosti nástroje při broušení

d) Stanovení celkových časů

a. Jednotkový čas

K jednotkovému času není nutné přidávat další časy dle normativů. K dalším výpočtům budou použity časy z tabulky.

$$t_{AS} = i \cdot t_{ASi} = 15 \cdot 514,5 = 7717,5 \text{ s} = \underline{\underline{128,625 \text{ min}}} \quad (14)$$

$$t_{A11} = 335 \text{ s} = \underline{\underline{5,583 \text{ min}}} \quad (15)$$

b. Dávkový čas

K změřenému dávkovému času je nutné připočítat další časy, které stanovíme z normativů.

Celkový dávkový čas tak bude součtem časů změřených a časů zjištěných z normativů

Časy z normativů [14]

Popis operace	t_B [sec]
Opatření a prostudování pracovních podkladů	600
Zápis práce	90
Úklid pracoviště	210
Celkem	900

Tabulka 9 – časy z normativů při broušení

Celkem dávkový čas

$$t_B = \frac{1608+900}{600} = \underline{\underline{41,8 \text{ min}}} \quad (16)$$

c. Čas potřebný na ostření a výměnu nástroje

Výměna nástroje:

$$t_{vv} = 1113 \text{ s} = \underline{\underline{18,55 \text{ min}}} \quad (17)$$

Ostření nástroje:

$$t_{vo} = 213 \text{ s} = \underline{\underline{3,55 \text{ min}}} \quad (18)$$

d. Směnový čas t_c

Směnový čas byl určen dle normativů [14].

Čas směnové práce	Čas [min]
Příprava náradí a pomůcek na začátku směny	3
Mazání a čištění stroje během směny	3
Nezbytný úklid pracoviště během směny	2
Služební pohovory	3
Úklid na konci směny	3
Předávání směny	1
Zápis denní práce	2
Časy směnových obecně nutných přestávek	0
Opatření svačiny	2
Osobní hygiena	6
Osobní potřeby	10
Celkem t_c	35

Tabulka 10 – směnový čas při broušení

$$k_c = \frac{T}{T-t_c} = \frac{8 \cdot 60}{8 \cdot 60 - 35} = 1,07865 \quad (19)$$

5. Frézování nástrojem s vyměnitelnými břitovými destičkami

5.1. Volba nástroje a startovacích řezných podmínek

V současné době je na trhu mnoho nástrojů na frézování od nejrůznějších firem. Ať se jedná o renomované firmy jako je Walter nebo firmy zcela neznámé, na našem trhu nové, s jejichž výrobky nemáme zkušenost. Dlouhodobě používáme pro frézování nástroje od českého výrobce firmy PRAMET TOOLS s.r.o., s kterými máme dobrou zkušenost. Výrobky jsou kvalitní a přijatelné cenové relací vzhledem ke kvalitě a spolehlivosti. Proto i zde použijeme nástroje od této firmy, uvedené v katalogu firmy [7]

5.1.1. Identifikace obráběného materiálu

Při volbě nástroje a startovacích řezných podmínek je jednou z nejdůležitějších věcí správná identifikace obráběného materiálu. Obráběný materiál se pro zjednodušení rozděluje dle normy ISO 513 do šesti základních skupin, v nichž jsou sdružovány materiály, které vyvolávají kvalitativně stejný typ zatížení břitu a tím i stejný typ opotřebení [7].

Naším materiálem je kalená ocel s tvrdostí > 60 HRC. Ani jedna z uvedených skupin neodpovídá tomuto materiálu, proto byla zvolena nejbližší možná skupina.

Kalená ocel HRC 48 až 60. Skupina materiálu H.

5.1.2. Volba tělesa frézovacího nástroje

Vhodný nástroj určíme dle typu obráběné plochy s ohledem na skupinu obráběného materiálu. Používáme systém značení ISO.

Obráběná plocha je rovinná, proto byla zvolena rovinná fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami. Z katalogu byly vytipovány následující nástroje s danými parametry.

Typ nástroje → Parametry ↓	S45SN12Z	S45OD05D	W45SE123F	W75SP12D	W75SN12N	W60SP25P
Způsob upínání	S	S	W	W	W	W
Úhel nastavení	45°	45°	45°	75°	75°	60°
Tvar destičky	S	O	S	S	S	S
Úhel hřbetu	0	15°	20°	11°	0°	11°
Délka řezné hrany [mm]	12,7	7,94	12,7	12,7	12,7	25,4
Úhel hřbetu κ_r		15°	25°	15°	0°	11°
Použitelné vbd	SNMT	ODMT	SEER SEEN	SPGN SPKN SPUN SPKX	SNHN SNUN SNKX	SPGN SPUN
Úhel čela zadní γ_p	+7°30′	+7°	+18°	+7°	-8°	+9°
Úhel čela boční γ_f	-5°30′	0°	-3°	0°	-5°	-3°
Hloubka řezu a_{pmax} [mm]	6,5	7,3	6,5	9	9	18

Tabulka 11 – parametry tělesa frézovacího nástroje[7]

5.1.3. Volba geometrie vyměnitelné břitové destičky

Pro volbu geometrie vyměnitelné břitové destičky je kritériem skupina obráběného materiálu. Byly vybrány vyměnitelné břitové destičky pro skupinu materiálu H, které mají daný rozsah řezných podmínek.

Pořadové číslo	Geometrie vbd	Posuv	Hloubka řezu
1	ADEW	0,2-0,3	1-4
2	APEW	0,1-0,3	1,2-5
3	ODEW ZZN	0,15-0,45	1-3
4	RDEW	0,1-0,4	0,5-1,5
5	RDHX	0,1-0,6	0,2-2
6	REHX	0,1-0,4	0,5-1
7	RPEW	0,15-0,5	0,5-3,5
8	SDEW	0,1-0,3	1-4,5
9	SEEN	0,05-0,4	0,2-3
10	SEEW	0,1-0,4	0,5-2
11	SNHN	0,1-0,4	0,2-3
12	SNMT-R	0,18-0,5	1-6,5
13	SNUN	0,1-0,4	0,5-3
14	SPEW	0,1-0,4	1-4
15	SPGN	0,1-0,6	0,1-8
16	SPKN	0,1-0,4	1-4
17	SPUN	0,1-0,6	0,2-8
18	XDHW	0,05-0,35	0,15-0,3

Tabulka 12 – parametry břitových destiček [7]

5.1.4. Volba řezného materiálu

Pro frézování materiálu uvedené skupiny jsou použitelné pouze povlakované řezné materiály. Nepovlakované jsou nepoužitelné. Pro skupinu obráběného materiálu H jsou použitelné dva materiály, které mají následující charakteristiku.

a) 7010 [7]

- Jemnozrnný substrát bez kubických karbidů s velmi nízkým obsahem kobaltu
- Multivrstevnatý nanostrukturní povlak s vysokým obsahem hliníku nanesený metodou PVD
- Pro operace charakterizované vysokou tepelnou zátěží
- Z hlediska obráběných materiálů univerzální, využitelný pro všechny skupiny
- Malé až střední průřezy třísek

- Vysoké řezné rychlosti
- Stabilní záběrové podmínky

b) 8016 [7]

- Nejotěrovzdornější člen výrobní řady
- Submikrónový substrát bez kubických karbidů s nízkým obsahem kobaltu
- Pro operace charakterizované vysokou tepelnou zátěží
- Z hlediska obráběných materiálů univerzální, využitelný pro všechny skupiny
- Malé až střední průřezy třísek
- Vysoké řezné rychlosti
- Stabilní záběrové podmínky

5.1.5. Přřazení operace do skupiny dle jejího charakteru

Skupiny operací se dělí na lehké, střední a těžké frézování. Skupiny jsou určeny dle záběrových podmínek a stavu povrchu obráběného materiálu. Byla zvolena skupina střední frézování [7].

5.1.6. Volba optimálních řezných podmínek

Řezné podmínky jsou stanoveny pro trvanlivost $T = 30$ min.

K zvoleným frézovacím nástrojům byly přiřazeny použitelné vyměnitelné břitové destičky a řezný materiál.

Typ nástroje	Geometrie vbd	Úhel nastavení	Rozmezí posuvu	Řezná rychlost pro 7010	Řezná rychlost pro 8016
S45SN12Z	SNMT	45°	0,10-0,25	-	35
S45OD05D	ODMT	45°	0,10-0,25	-	35
W45SE123F	SEER SEEN	45°	0,10-0,25	-	35
W75SP12D	SPGN SPKN SPUN SPKX	75°	0,10-0,20	-	35
W75SN12N	SNHN SNUN SNKX	75°	0,08-0,20	-	35
W60SP25P	SPGN SPUN	60°	0,10-0,20	-	35

Tabulka 13 – kompletace řezného nástroje pro frézování

a) Stanovení řezné rychlosti a otáček [7]

Pro stanovení optimální řezné rychlosti se používají korekční součinitelé, ty zohledňují stav stroje a požadovanou trvanlivost nástroje. Výše uvedená řezná rychlost je pro trvanlivost $T = 30$ minut. Tuto trvanlivost můžeme ponechat. Stav stroje je průměrný. Proto nemusíme s korekčními součiniteli počítat. Můžeme tak vycházet z řezné rychlosti 35 m/min.

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot D} = \frac{35}{\pi \cdot 0,08} = \mathbf{139 \text{ min}^{-1}} \quad (20)$$

b) Posuv

Protože se jedná o operaci dokončovací, zvolíme posuv na dolní hranici $f_z = \mathbf{0,1 \text{ mm/zub}}$

c) Hloubka řezu

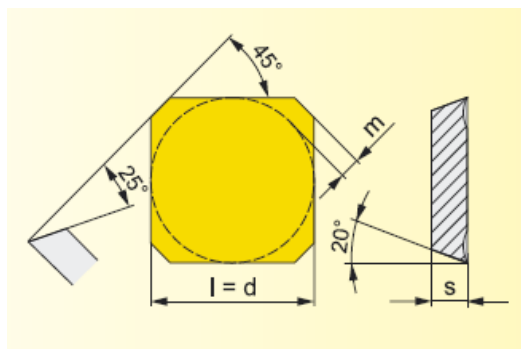
Hloubku řezu budeme volit poměrně malou, protože vzhledem k tvrdosti materiálu, jeho složení a mechanickým vlastnostem se dá očekávat poměrně velký řezný odpor a velké zatížení břitu nástroje. Navíc se jedná o operaci dokončovací, proto hloubku řezu zvolíme $a_p = \mathbf{0,3 \text{ mm}}$.

5.1.7. Výběr nástroje

Po přiřazení všech parametrů byl vyřazen nástroj S45OD05D, protože vbd ODMT není vhodná, pro skupinu obráběného materiálu H. Dále byly vyřazeny nástroje S45SN12Z a W60SP25P, protože jsou určeny spíše pro hrubování. Pro dokončovací operace, u kterých se hloubka řezu pohybuje okolo 0,3 mm, se jeví jako nevhodné.

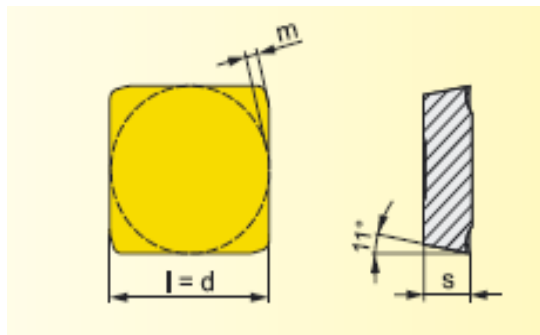
Pro frézování byly vybrány následující nástroje:

a) Čelní fréza velmi pozitivní W45SE123F + vbd SEER 1203AFEN



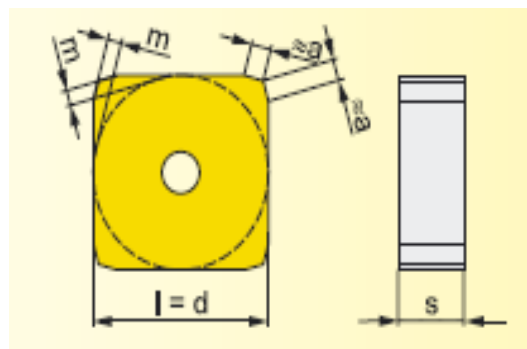
Obrázek 2 – čelní fréza velmi pozitivní a geometrie vbd [7]

b) Čelní fréza pozitivní W75SP12D + vbd SPKN 1203EDER



Obrázek 3 – čelní fréza pozitivní a geometrie vbd [7]

c) Čelní fréza negativní W75SN12N + vbd SNHN 1204ENEN



Obrázek 4 – čelní fréza negativní a geometrie vbd [7]

5.2. Volba stroje

Vzhledem k tvaru a rozměru výrobku je nejvhodnější frézka FA 4V. Je to konzolová vertikální frézka od firmy TOS. Frézka má svislé pracovní vřeteno. Je určena především pro obrábění rovinných ploch, rovnoběžných s plochou pracovního stolu. Tento stroj patří mezi nejrozšířenější typy frézek a bývá součástí většiny obrobů. Pracovní rozměr stolu má 250x1400 mm. Maximální váha obrobku včetně upínacích přípravků daná výrobcem je 350 kg. Pro náš obrobek je tento stroj plně vyhovující. Pro ověření vhodnosti vytipovaného stroje se kontroluje jeho příkon, ale toto je nutné především u hrubování. Přibližný potřebný příkon se určuje dle vzorce [7]:

$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot f}{x} \quad (21)$$

P_c – přibližný příkon [kW]

a_p – axiální hloubka řezu [mm]

a_e – radiální hloubka řezu [mm]

f – posuv [mm/ot]

x – materiálová konstanta

Z tohoto vzorce je patrné, že příkon stroje je závislý především na hloubce řezu a posuvu.

Hloubka řezu i posuv jsou malé, proto není nutné příkon stroje kontrolovat. Příkon stroje je pro dané podmínky předimenzován.

5.3. Snímek operace

Stroj: frézka FA 4V

Nejprve pomocí stopek změříme časy jednotlivých úkonů, které se budou v dané operaci vyskytovat, pak roztřídíme časy dle jejich charakteru.

5.3.1. Časy jednotlivých úkonů

Pořadové Číslo	Popis operace	Čas [sec]
1	Upnutí frézovací hlavy na trn	124
2	Osazení frézovací hlavy vbd	249
3	Upnutí frézovací hlavy do vřetena	58
4	Upnutí svěráku a broušených podložek na podložení na stůl	380
5	Vyrovnání a upnutí obrobku	30
6	Nastavení otáček vřetena	6
7	Nastavení posuvu	4
8	Zapnutí vřetena	3
9	Najet nad obrobek a škrtnout na začátku obrobku	30
10	Odjet v ose x na začátek obrobku	6
11	Nastavit hloubu řezu	7
12	Spustit strojní posuv	3
13	Frézovat na konec obrobku	330
14	V ose z odjet nad obrobek	2
15	Přejet rychloposuvem před začátek obrobku	15
16	Změřit obrobek	10
17	Vypnout vřeteno	3
18	Vyjmout obrobek	14
19	Vyjmutí frézovací hlavy z vřetena	120
20	Sejmutí svěráku a broušených podložek na podložení ze stolu	380

Tabulka 14 – časy úkonů při frézování

5.3.2. Roztřídění časů dle jejich charakterů

a) Norma dávkového času t_{A1} při jedné třísce (odebraná vrstva 0,3 mm)

Pořadové číslo	Popis operace	t_{A11} [sec]	t_{AS} [sec]
5	Vyrovnání a upnutí obrobku	30	
16	Změřit obrobek	10	
8	Zapnutí vřetena	3	
9	Najet nad obrobek a škrtnout na začátku obrobku	30	
10	Odjet v ose x na začátku obrobku	6	
11	Nastavit hloubu řezu	7	
12	Spustit strojní posuv	3	
13	Frézovat na konec obrobku	0	330
14	V ose z odjet nad obrobek	2	
15	Přejet rychloposuvem před začátek obrobku	15	
16	Změřit obrobek	10	
17	Vypnout vřeteno	3	
18	Vyjmout obrobek	14	
	Celkem	133	330

Tabulka 15 – norma dávkového času při frézování

t_{A11} – čas jednotkové práce pravidelné za klidu

t_{AS} – čas strojní

t_{A13} – čas jednotkové práce strojně ruční

b) Norma dávkového času t_B

Pořadové číslo	Popis operace	t_{B1} [sec]
1	Upnutí frézovací hlavy na trn	124
2	Osazení frézovací hlavy vbd	249
3	Upnutí frézovací hlavy do vřetena	58
4	Upnutí svěráku a broušených podložek na podložení na stůl	380
6	Nastavení otáček vřetena	6
7	Nastavení posuvu	4
19	Vyjmutí frézovací hlavy z vřetena	120
20	Sejmutí svěráku a broušených podložek na podložení ze stolu	380
	Celkem	1321

Tabulka 16 – norma dávkového času při frézování

c) Norma času vztažená k trvanlivosti nástroje

Pořadové číslo	Popis operace	t_v [sec]
14	V ose z odjet nad obrobek	2
15	Přejet rychloposuvem před začátek obrobku	15
17	Vypnout vřeteno při	3
2	Osazení frézovací hlavy vbd	249
11	Nastavit hloubu řezu	7
12	Spustit strojní posuv	3
	Celkem	279

Tabulka 17 – norma času vztažená k trvanlivosti nástroje při frézování

d) Stanovení celkových časů

a. Jednotkový čas

K jednotkovému času není nutné přidávat další časy dle normativů [14]. K dalším výpočtům budou použity časy z tabulky.

$$t_{AS} = 330 \text{ s} = \underline{\underline{5,5 \text{ min}}} \quad (22)$$

$$t_{A11} = 133 \text{ s} = \underline{\underline{2,217 \text{ min}}} \quad (23)$$

b. Dávkový čas

K změřenému dávkovému času je nutné připočíst další časy, které stanovíme z normativů.

Celkový dávkový čas tak bude součtem časů změřených a časů zjištěných z normativů

Časy z normativů

Popis operace	t_B [sec]
Opatření a prostudování pracovních podkladů	600
Zápis práce	90
Úklid pracoviště	210
Celkem	900

Tabulka 18 – časy z normativů při frézování [14]

Celkem dávkový čas

$$t_B = \frac{1321+900}{60} = \underline{\underline{37,02 \text{ min}}} \quad (24)$$

c. Čas potřebný na výměnu nástroje

$$t_v = 279 \text{ s} = \underline{4,65 \text{ min}} \quad (25)$$

d. Směnový čas t_c

Směnový čas byl určen dle normativů [14].

Čas směnové práce	Čas [min]
Příprava nářadí a pomůcek na začátku směny	3
Mazání a čištění stroje během směny	3
Nezbytný úklid pracoviště během směny	2
Služební pohovory	3
Úklid na konci směny	3
Předávání směny	1
Zápis denní práce	2
Časy směnových obecně nutných přestávek	0
Opatření svačiny	2
Osobní hygiena	6
Osobní potřeby	10
Celkem t_c	35

Tabulka 19 – směnový čas při frézování

$$k_c = \frac{T}{T-t_c} = \frac{8 \cdot 60}{8 \cdot 60 - 35} = \underline{1,07865} \quad (26)$$

6. Výpočet nákladů

6.1. Rozbor vstupních hodnot

Z modelového schématu výpočtu je parné, že náklady na obrábění jsou závislé na mnoha různých faktorech. Vzorce jsou použitelné univerzálně pro obě zvolené metody obrábění. Pouze u nákladů na nástroje se vzorce liší podle toho, zda se jedná o nástroje, které se přeastřují nebo ne. Hodnoty vstupních veličin budou stanoveny následujícím způsobem, tak abychom vzorce co možná nejvíce zjednodušili, aniž by ztratily svoji vypovídací hodnotu. U vstupních hodnot bude zohledněno, že se jedná o výrobu malosériovou, u hromadné nebo velkosériové výroby by především hodnoty režijních nákladů byly poněkud jiné.

a) Mzdové náklady (M_o, M_{os}, M_{se})

Ve vzorcích se několikrát objevují mzdové náklady. Je to jednak mzda obráběče, mzda ostříče a mzda seřizovače. Protože se jedná o malosériovou výrobu lze předpokládat, že všechny úkony bude provádět jedna osoba. Přímé mzdové náklady se v České republice skládají z hrubé mzdy dělníka a dále z odvodů zaměstnavatele na zdravotní pojištění a sociální pojištění. Dle údajů Českého statistického úřadu byla průměrná hrubá mzda kvalifikovaného obráběče kovů v roce 2009 v Libereckém kraji 134,15 Kč [15]. K této hrubé mzdě je třeba připočítat 9%, které činí odvod zaměstnavatele na zdravotní pojištění a 25%, které činí odvod zaměstnavatele na sociální pojištění. Tento odvod se počítá z objemu hrubých mezd. Výpočet mzdy lze vyjádřit vzorcem:

$$M = HM + \frac{HM}{100} \cdot ZP + \frac{HM}{100} \cdot SP = 134,15 + \frac{134,15}{100} \cdot 9 + \frac{134,15}{100} \cdot 25 = \underline{179,76 \text{ Kč}} \quad (27)$$

$$\text{Mzdy } M = M_o, = M_{os} = M_{se} = 179,76 \text{ Kč} \quad (28)$$

Strojní čas t_{AS}

Strojní čas je možné spočítat pomocí vzorců nebo změřit. Byla zvolena metoda změření strojního času u obou způsobů obrábění. Tento čas byl porovnán s časem určeným výpočtem a bylo zjištěno, že časy jsou prakticky shodné. Aby bylo možné obě metody porovnat z hlediska nákladnosti, není nutné obrábět celou součást, ale byla zvolena hloubka odřezávané vrstvy, tak aby byla u obou způsobů stejná. Hloubka odřezávané vrstvy se nám u jednotlivých vzorků bude lišit, protože přídavky na obrábění jsou rozdílné a jsou závislé na opotřebení nože. Strojní čas je stanoven pro hloubku řezu 0,3 mm. Toto odpovídá odběru jedné třísky při frézování. Pro určení celkového času pak postačí tento vynásobit počtem třísek. Časy jsou podrobně uvedeny v tabulkách měření výkonu. Budeme odebírat 2,1 mm. Počet třísek $i = 7$.

$$\text{Frézování: } t_{ASF} = 5,5 \cdot 7 = 38,5 \text{ minut} \quad (29)$$

$$\text{Broušení: } t_{ASB} = 128,625 \cdot 7 = 900,375 \text{ minut} \quad (30)$$

b) Přirážka směnového času k_c

Koeficient směnového času je počítán podle vzorce [6]:

$$k_c = \frac{T_s}{T_s - t_c} = \frac{8 \cdot 60}{8 \cdot 60 - 35} = 1,07865 \quad (31)$$

T_s – celkový čas pracovní směny v minutách, čas pracovní směny je stanoven v souladu se zákoníkem práce, dle kterého je 40 hodin týdně a při počtu 5 pracovních směn 8 hod/den.

t_c – je směnový čas, tj. čas přímo úměrný počtu směn, zahrnuje především přípravu pracoviště při zahájení pracovní směny, úklid pracoviště při skončení pracovní směny, čas na fyziologické potřeby. Jeho výpočet je podrobně uveden v tabulkách pro měření výkonu. Jeho hodnota bude u obou způsobů obrábění stejná

$$k_c = 1,07865$$

c) Režijní náklady (RNS_{PL} , RNO_{PL} , $RNSE_{PL}$)

Pro určení velikosti režie bude kromě jiného důležitý model firmy, která bude výrobu provádět a způsob jakým člení režijní náklady. Jiný způsob bude u velkého koncernu a jiný u malé firmy. Jedná se o výrobu malosériovou, proto můžeme předpokládat malou nebo střední firmu. Jak bylo uvedeno u způsobu stanovení mezd, obrábění součásti, ostření náradí i jeho výměna budou probíhat na stejném pracovišti, proto budeme počítat se stále stejným % režijních nákladů. Režijní náklady jsou složeny z celého množství různorodých nákladů. Jedná se například o pronájem nebo odpisy budov, režijní materiál, náklady na vytápění, osvětlení, spotřebu vody a mnohé další. Stanovit přesné režijní náklady není naším cílem, proto se omezíme na jejich odhad. % režijních nákladů bude u obou způsobů výroby stejné.

$$R = RNS_{PL} = RNO_{PL} = RNSE_{PL} = 30\% \quad (32)$$

d) Pořizovací cena stroje C_s

Pořizovací cena stroje je údaj, který se pochopitelně bude lišit dle vybavenosti stroje, dle množství příslušenství, které je ke stroji dodáváno a v neposlední řadě bude závislá i na výrobci. Protože předpokladem je, že nebudeme pořizovat stroje nové, ale využijeme stroje stávající, které jsou starší a jejich cena je tak zkreslená rokem pořízení. Byla požádána firma FERMAT CZ s.r.o., která se dlouhodobě zabývá prodejem obráběcích strojů a to nových i použitých, aby poskytla informace o aktuálních cenách.

$$C_{sF} = 1.100.000,- \text{ Kč}$$

$$C_{sB} = 1.200.000,- \text{ Kč}$$

e) Počet hodin práce stroje za dobu životnosti p

Tento údaj se nepodařilo najít v technické dokumentaci ke stroji. Proto jsem vycházela z údajů firmy FERMAT CZ a.s., dle jejich sdělení je životnost stroje do generální opravy počítána na 8 let při dvousměnném provozu. Z praktických zkušeností je životnost stroje většinou vyšší, zaleží na typu výroby, který na stroji převažuje i na způsobu obsluhy. Proto tato životnost byla vzata bez úpravy koeficienty, které by zohledňovaly, vytížení stroje apod.

p = 30720 hod

f) Koeficient oprav a údržby stroje, nástroje (U, k_{ut})

Jejich hodnota je stanovena experimentálně a pro výpočet byla použita hodnota uvedená v literatuře [1].

U = 1,3

$k_{ut} = 0,05$

g) Náklady na energii C_E

Náklady na energii vychází z ceny elektrické energie, která je velmi variabilní. Proto jako základ pro výpočet byla vzata cena, která byla v roce 2009 účtována dodavatelem elektrické energie firmou ČEZ Prodej a.s., cena za kW = 3,64 Kč. Z technické dokumentace k použitým strojům byl zjištěn jejich příkon. U obou strojů je příkon shodný 7,5 kW/hod. Náklady na energii jsou součinem ceny za kW a příkonu a jsou u obou metod stejné.

$C_E = 27,30 \text{ Kč/hod}$

h) Trvanlivost nástroje T

Máme dvě různé metody obrábění a tím i dva různé nástroje, jejichž trvanlivost je velmi rozdílná. U frézování je trvanlivost dána trvanlivostí jednoho břitu vyměnitelné břitové destičky. Ta je výrobcem při dodržení optimálních řezných podmínek garantována 30 minut. V daném případě byla zjištěna experimentálně, protože materiál obrobku je nestandardní a dá se předpokládat, že se to projeví na trvanlivosti vyměnitelných břitových destiček. Trvanlivost jednotlivých břitových destiček je označena indexem, který značí číslo použitých destiček

$T_{F1} = 14,2 \text{ min}$

$T_{F2} = 16,67 \text{ min}$

$T_{F3} = 12 \text{ min}$

U brusného kotouče je trvanlivost čas od naostření kotouče do jeho otupení. Tato hodnota opět byla zjištěna experimentálně.

$T_{BO} = 85,75 \text{ min}$

i) Cena nástroje ($C_{dz}, C_{mz}, C_{nz}, C_{zn}$)

Ceny nástrojů na frézování byly zjištěny poptávkou u dodavatele firmy M&V s.r.o., což je velkoobchod s nářadím a nástroji a přímý obchodní zástupce firmy Pramet Tools s.r.o., která je mimo jiné výrobcem nástrojů na frézování.

Ceny vyměnitelných břitových destiček C_d

Pořadové číslo vbd	Označení	Cena v Kč/ks
1	vbd SEER 1203AFEN	231,-
2	vbd SPKN 1203EDER	154,-
3	vbd SNHN 1204ENEN	212,-

Tabulka 20 – ceny vbd

Ceny tělesa nástroje C_m

Pořadové číslo frézy	Název	Označení	Cena v Kč/ks
1	Čelní fréza velmi pozitivní d =100 mm	W45SE123F	12168,-
2	Čelní fréza pozitivní d =100 mm	W75SP12D	8424,-
3	Čelní fréza negativní d =100 mm	W75SN12N	9048,-

Tabulka 21 – ceny tělesa frézovacího nástroje

Cena brusného kotouče C_n

Pro broušení byly zakoupeny brousící kotouče od firmy TYROLIT CEE k.s., která je jedním z největších výrobců brousících kotoučů.

$C_n = 576,- \text{ Kč/ks}$

Zbytková cena nástroje C_{zn}

Břítové destičky i brousící kotouče se po opotřebení vyhazují. Jejich zbytková cena je 0. Zde spíše připadají v úvahu další náklady na jejich likvidaci. Těleso nástroje se dá prodat jako kovový odpad, ale jeho váha není nijak vysoká, stejně jako výkupní cena odpadu. Proto zbytková cena u nástrojů nebude kalkulována. Náklady na likvidaci se zhruba vyrovnají zisku z prodeje odpadu a obě tyto položky jsou zcela zanedbatelné.

$C_{zn} = 0 \text{ Kč}$

j) Počet břitových destiček na nástroji z_d

Pořadové číslo frézy	Název	Označení	Počet břitových destiček
1	Čelní fréza velmi pozitivní d =100 mm	W45SE123F	6
2	Čelní fréza pozitivní d =100 mm	W75SP12D	7
3	Čelní fréza negativní d =100 mm	W75SN12N	7

Tabulka 22 – počty vbd v tělese frézovacího nástroje [7]

k) Počet břitů na destičce z_b

Všechny použité vyměnitelné břitové destičky mají shodný počet břitů

$$z_b = 4$$

l) Předpokládaný počet upnutí destiček, za dobu životnosti tělesa nástroje z_u

Jeho hodnota je stanovena experimentálně a pro výpočet byla použita hodnota uvedená v literatuře [3].

$$z_u = 5000$$

m) Počet možných přeastření nástroje z_o

Tento údaj byl zjištěn experimentálně. Byl zjištěn úbytek kotouče do otupení, dále úbytek kotouče, který vznikne jeho orovněním. Dále byl vypočten průměr tohoto kotouče, při kterém je ještě dodržena minimální doporučená řezná rychlost a dle těchto údajů byl určen přibližný možný počet naostření kotouče a tím i celková trvanlivost brousícího kotouče.

$$z_o = 70$$

n) Čas na výměnu nástroje v minutách t_{vn}

Čas potřebný na výměnu nástroje byl u obou metod změřen a je podrobně uveden v tabulkách měření výkonu.

Frézování: $t_{vnF} = 4,65$ minut

Broušení: $t_{vnB} = 18,55$ minut

o) Čas ostření v minutách

Čas potřebný na naostření (orovnění) brousícího kotouče byl změřen a je podrobně uveden v tabulkách měření výkonu.

$$t_{os} = 3,55 \text{ minut}$$

p) Vedlejší čas v minutách

Vedlejší časy byly u obou metod změřeny a jsou podrobně uvedeny v tabulkách měření výkonu. Jedná se především o časy potřebné k upnutí obrobků, nastavení řezných podmínek a podobně.

Frézování: $t_{AVF} = 2,217$ minut

Broušení: $t_{AVB} = 5,583$ minut

q) Zvláštní náklady

Mezi zvláštní náklady patří náklady na přípravky a měřidla. U broušení je to především diamantový orovnávač se stojánkem, jehož cena je diamant 14560 + stojánek 8000 = 22.560,- Kč. Životnost tohoto zařízení je při dvousměnném provozu minimálně 4 roky. Stejně je to u frézování s výklopným svěrákem, jehož cena se pohybuje okolo 19.000,- Kč a životnost je přibližně stejná jako u obráběcích strojů. Tyto náklady nebyly do kalkulace zahrnuty, protože jsou zanedbatelné.

6.2. Frézování výpočet nákladů

6.2.1. Náklady na strojní práci

$$N_{shF} = \frac{C_{sF}}{p} \cdot U + C_E = \frac{1100000}{30720} \cdot 1,3 + 27,3 = 73,85 \text{ Kč/hod} \quad (33)$$

$$N_{sF} = t_{ASF} \cdot \left[k_C \cdot \frac{M}{60} \cdot \left(1 + \frac{R}{100} \right) + \frac{N_{shF}}{60} \right] = 38,5 \cdot \left[1,07865 \cdot \frac{179,76}{60} \cdot \left(1 + \frac{30}{100} \right) + \frac{73,85}{60} \right] \\ = 38,5 \cdot 5,432 = \mathbf{209,13 \text{ Kč}} \quad (34)$$

6.2.2. Náklady na nástroje

$$N_{nVF} = t_{vnF} \cdot \left[k_C \cdot \frac{M}{60} \cdot \left(1 + \frac{R}{100} \right) \right] = 4,65 \cdot \left[1,07865 \cdot \frac{179,76}{60} \cdot \left(1 + \frac{30}{100} \right) \right] = 19,541 \text{ Kč} \quad (35)$$

a) Nástroj číslo 1. čelní fréza velmi pozitivní $d=100 \text{ mm}$

$$z_{vF1} = \frac{t_{ASF}}{T_{F1}} = \frac{38,5}{14,2} = 2,71 \quad (36)$$

$$N_{nTF1} = \frac{C_{d1} \cdot z_{d1}}{z_b} + (1 + k_{ut} - C_{zn}) \cdot \frac{C_{m1}}{z_u} = \frac{231 \cdot 6}{4} + (1 + 0,05) \cdot \frac{12168}{5000} = 349,06 \text{ Kč} \quad (37)$$

$$N_{nF1} = z_{vF1} \cdot (N_{nTF1} + N_{nVF}) = 2,71 \cdot (349,06 + 19,541) = \mathbf{998,91 \text{ Kč}} \quad (38)$$

b) Nástroj číslo 2. Čelní fréza pozitivní $d=100 \text{ mm}$

$$z_{vF2} = \frac{t_{ASF}}{T_{F2}} = \frac{38,5}{16,67} = 2,309 \quad (39)$$

$$N_{nTF2} = \frac{C_{d2} \cdot z_{d2}}{z_b} + (1 + k_{ut} - C_{zn}) \cdot \frac{C_{m2}}{z_u} = \frac{154 \cdot 7}{4} + (1 + 0,05) \cdot \frac{8424}{5000} = 271,27 \text{ Kč} \quad (40)$$

$$N_{nF2} = z_{vF2} \cdot (N_{nTF2} + N_{nVF}) = 2,309 \cdot (271,27 + 19,541) = \mathbf{671,48 \text{ Kč}} \quad (41)$$

c) Nástroj číslo 3. Čelní fréza negativní $d=100 \text{ mm}$

$$z_{vF3} = \frac{t_{ASF}}{T_{F3}} = \frac{38,5}{12} = 3,208 \quad (42)$$

$$N_{nTF3} = \frac{C_{d3} \cdot z_{d3}}{z_b} + (1 + k_{ut} - C_{zn}) \cdot \frac{C_{m3}}{z_u} = \frac{212 \cdot 7}{4} + (1 + 0,05) \cdot \frac{9048}{5000} = 372,90 \text{ Kč} \quad (43)$$

$$N_{nF3} = z_{vF3} \cdot (N_{nTF3} + N_{nVF}) = 3,208 \cdot (372,90 + 19,541) = \mathbf{1258,95 \text{ Kč}} \quad (44)$$

6.2.3. Vedlejší náklady

$$N_{vF} = t_{AVF} \cdot \left[k_C \cdot \frac{M}{60} \cdot \left(1 + \frac{R}{100} \right) \right] = 2,217 \cdot \left[1,07865 \cdot \frac{179,76}{60} \cdot \left(1 + \frac{30}{100} \right) \right] = \mathbf{9,314 \text{ Kč}} \quad (45)$$

6.3. Broušení – výpočet nákladů

6.3.1. Náklady na strojní práci

$$N_{shB} = \frac{C_{sB}}{p} \cdot U + C_E = \frac{1200000}{30720} \cdot 1,3 + 27,3 = 78,08 \text{ Kč/hod} \quad (46)$$

$$\begin{aligned} N_{sB} &= t_{ASB} \cdot \left[k_C \cdot \frac{M}{60} \cdot \left(1 + \frac{R}{100} \right) + \frac{N_{shB}}{60} \right] = \\ &= 900,375 \cdot \left[1,07865 \cdot \frac{179,76}{60} \cdot \left(1 + \frac{30}{100} \right) + \frac{78,08}{60} \right] = 900,375 \cdot 5,499 = \mathbf{4951,16 \text{ Kč}} \end{aligned} \quad (47)$$

6.3.2. Náklady na nástroje

$$z_{vnB} = \frac{t_{ASB}}{T_B \cdot z_o} = \frac{900,375}{85,75 \cdot 70} = 0,15 \quad (48)$$

$$N_{vnB} = t_{vnB} \cdot \left[k_C \cdot \frac{M}{60} \cdot \left(1 + \frac{R}{100} \right) \right] = 18,55 \cdot \left[1,07865 \cdot \frac{179,76}{60} \cdot \left(1 + \frac{30}{100} \right) \right] = 77,931 \text{ Kč} \quad (49)$$

$$\begin{aligned} N_{nTB} &= \frac{C_n - C_{zn}}{z_o + 1} + t_{os} \cdot k_C \cdot \frac{M}{60} \cdot \left(1 + \frac{R}{100} \right) \cdot \frac{z_o}{z_o + 1} = \\ &= \frac{576 - 0}{70 + 1} + 3,55 \cdot 1,07865 \cdot \frac{179,76}{60} \cdot \left(1 + \frac{30}{100} \right) \cdot \frac{70}{70 + 1} = 14,70 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (50)$$

$$z_{vOB} = \frac{t_{ASB}}{T_B} = \frac{900,375}{85,75} = 10,5 \quad (51)$$

$$N_n = z_{vOB} \cdot N_{nTB} + z_{vnB} \cdot N_{vnB} = 10,5 \cdot 14,7 + 0,15 \cdot 77,931 = \mathbf{166,04 \text{ Kč}} \quad (52)$$

6.3.3. Vedlejší náklady

$$N_{vB} = t_{AVB} \cdot \left[k_C \cdot \frac{M}{60} \cdot \left(1 + \frac{R}{100} \right) \right] = 5,583 \cdot \left[1,07865 \cdot \frac{179,76}{60} \cdot \left(1 + \frac{30}{100} \right) \right] = \mathbf{23,455 \text{ Kč}} \quad (53)$$

6.4. Porovnání nákladů frézování broušení

6.4.1. Porovnání metod

Název	Označení	Frézování			Broušení
		Nástroj č. 1	Nástroj č. 2	Nástroj č. 3	
Náklady na strojní práci	Ns	209,13	209,13	209,13	4951,16
Náklady na nástroje	Nn	998,91	671,48	1258,95	166,04
Vedlejší náklady	Nv	9,314	9,314	9,314	23,455
Celkem		1217,354	889,924	1477,394	5140,655

Tabulka 23 – porovnání nákladů na frézování a broušení

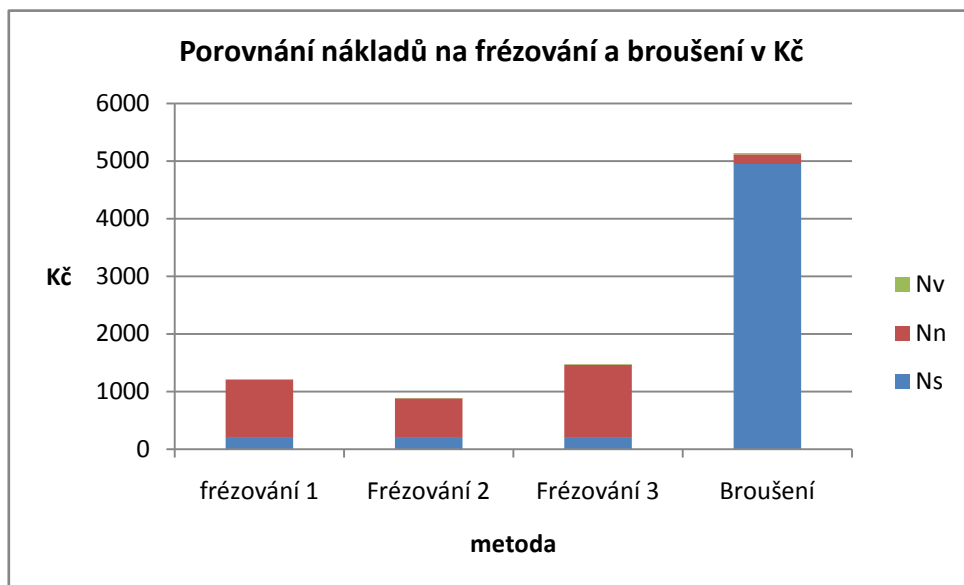
Jak se dalo očekávat, z uvedené tabulky plyne, že frézování nástrojem s vyměnitelnou břitovou destičkou je ve všech případech podstatně méně nákladné, než broušení.

Srovnání v %

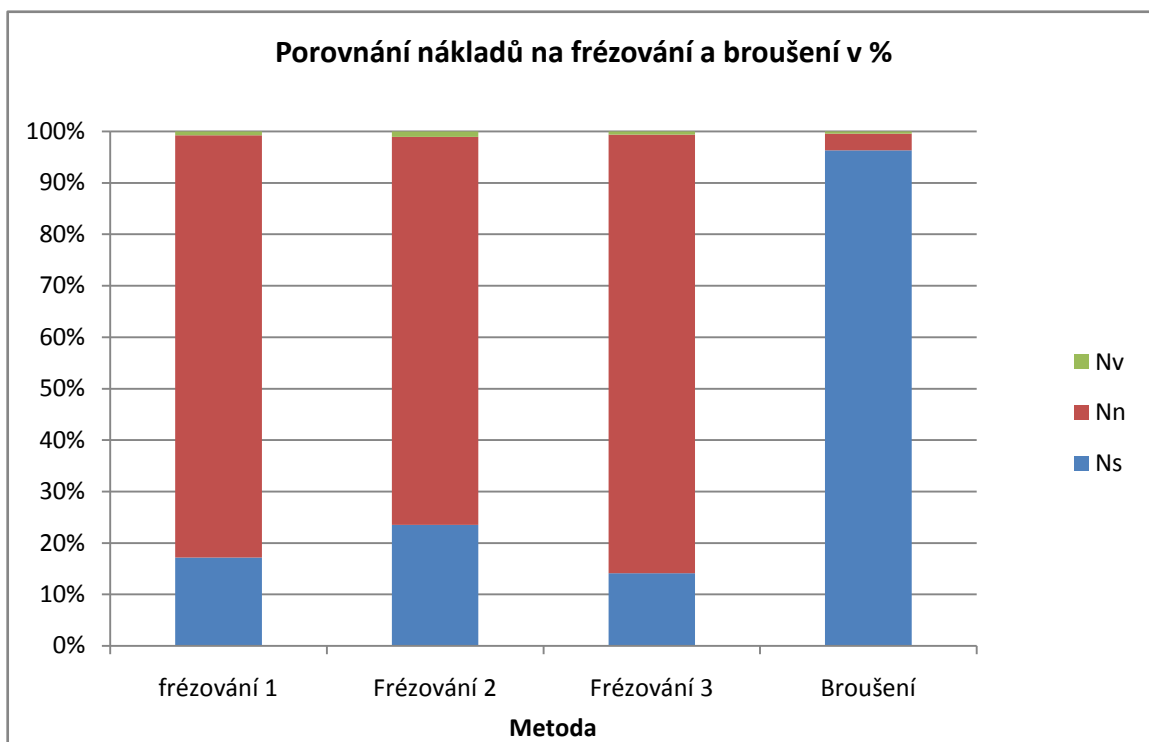
Broušení je o 322% nákladnější, než frézování nástrojem číslo 1.

Broušení je o 477% nákladnější, než frézování nástrojem číslo 2.

Broušení je o 248% nákladnější, než frézování nástrojem číslo 3.



Graf 1 – porovnání nákladů broušení a frézování v Kč



Graf 2 – porovnání nákladů na frézování a broušení v %

Z grafů je zřetelně vidět, že náklady na broušení jsou o mnoho vyšší, než na frézování. Podíl vedlejší práce je u obou metod zanedbatelný. Největší podíl tvoří náklady na strojní práci a náklady na nástroje. U broušení je podíl nákladů na strojní práci nepoměrně vyšší, než náklady na nástroje u frézování je situace opačná. Podíl nákladů na strojní práci je velmi malý, podíl nákladů na nástroje naopak u některých nástrojů činí více než 90% celkových nákladů. Abychom dosáhli snížení nákladů, je nutno se u broušení zaměřit na možnost snížení nákladů na strojní práci u frézování snížení nákladů na nástroje. Abychom mohli zvážit možnost snížení nákladů je nutný jejich rozbor.

6.4.2. Broušení

Jak již bylo řečeno, u broušení jsou největšími náklady, náklady na strojní práci. Vzorec na výpočet nám ukazuje jejich skladbu.

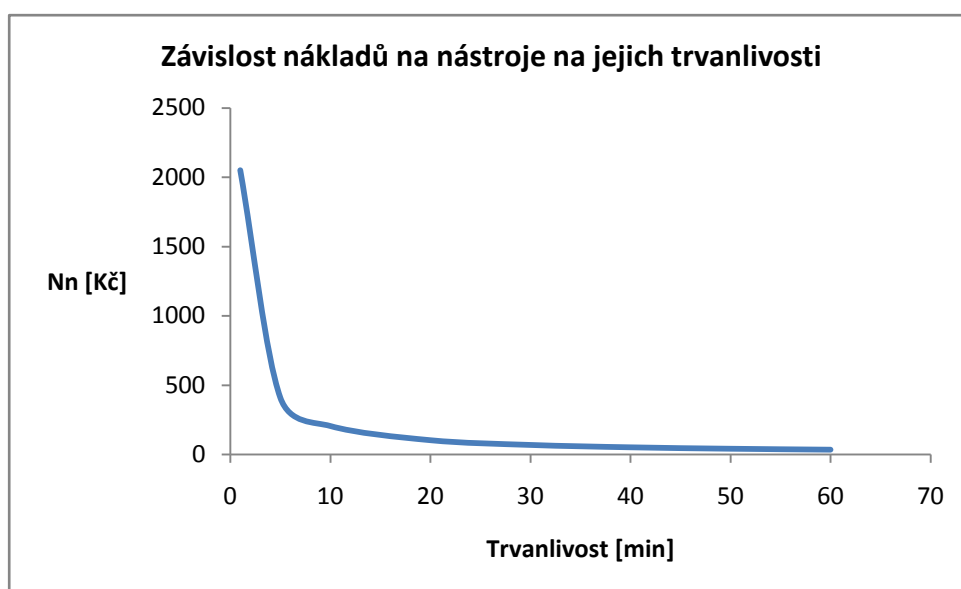
$$N_{sB} = t_{ASB} \cdot \left[k_C \cdot \frac{M}{60} \cdot \left(1 + \frac{R}{100} \right) + \frac{N_{shB}}{60} \right] \quad (54)$$

Snížit náklady na mzdy, režii nebo náklady na stroj by bylo velmi obtížné a nevedlo by to k žádné zásadní úspoře. Jedinou možnou cestou je snížení strojního času. Snížení strojního času výrazným způsobem, tak aby to ovlivnilo výsledek, není s daným strojním vybavením

možné. Jedinou cestou by bylo použít jinou technologii broušení. A tím pochopitelně jiný stroj. Náklady na nové strojní vybavení by byly neúměrně vysoké. Zde by bylo nutné zvážit, jaké by bylo celkové vyřízení stroje, ale to by bylo předmětem důkladně provedených rozborů investičního záměru. Závěr je, že podstatné snížení nákladů na broušení je se stávajícím strojním vybavením nemožné.

6.4.3. Frézování

Náklady na frézování jsou největší měrou tvořeny náklady na nástroje. Náklady na nástroje jsou nepřímo úměrné jejich trvanlivosti.



Graf 3 – závislost nákladů na nástroje na jejich trvanlivosti [9]

Cestou ke snížení nákladů na nástroje a tím i nákladů na frézování je zvýšení jejich trvanlivosti. K tomu, abychom mohli zvýšit trvanlivost nástroje v tomto případě vyměnitelných břitových destiček, je třeba provést rozbor na čem je trvanlivost nástroje závislá a zvážit možnosti jejího zvýšení aniž by to vedlo ke zvyšování nákladů. To znamená, že se pokusíme zvýšit trvanlivost použitých nástrojů.

7. Možnosti snižování nákladů u frézování

Vývoj v oblasti třískového obrábění kovů a tím samozřejmě i frézování se ubírá několika směry. Samozřejmě je to stále větší podíl automatizace. I v kusové a malosériové výrobě se stále více uplatňují CNC stroje a dále je to vývoj nových nástrojů.

Vývoj nástrojů

Pokud sledujeme trend výrobců nástrojů pro frézování, kterých je dnes celá řada. Dá se konstatovat, že sledují v podstatě dvě cesty. A to cestu zvyšování výkonů frézování a zvyšování trvanlivosti nástrojů. Tyto cesty jsou v podstatě neoddělitelné.

7.1. Zvyšování výkonu

Zvyšování výkonu, vede pouze přes snižování času potřebného k opracování součásti. Nejdůležitější roli bude hrát čas strojní. Ten můžeme například u čelního frézování vypočítat dle vzorce [5]:

$$t_s = \frac{(L+y) \cdot i}{n \cdot s} \quad (55)$$

L – frézovaná délka [mm]

y – délka dráhy přebíhání frézy [mm]

$$y = r - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{4 \cdot R^2 - b^2} \quad (56)$$

R – poloměr frézy [mm]

b – šířka frézované plochy [mm]

i – počet záběrů

n – počet otáček frézy [min^{-1}]

s – posuv [mm/ot]

Z uvedeného vzorce je patrné, že zvýšení výkonu můžeme dosáhnout snižováním počtu třísek a tím zvyšováním hloubky řezu a zvyšováním otáček a posuvu. Toto je pochopitelně závislé jednak na technických parametrech stroje, ale především na trvanlivosti nástroje.

7.2. Závislost výkonu na trvanlivosti nástroje

Trvanlivost nástroje je definována Taylorovým vztahem a to [2]:

a) V základním tvaru

$$T = \frac{c_T}{v_c^m} \quad (57)$$

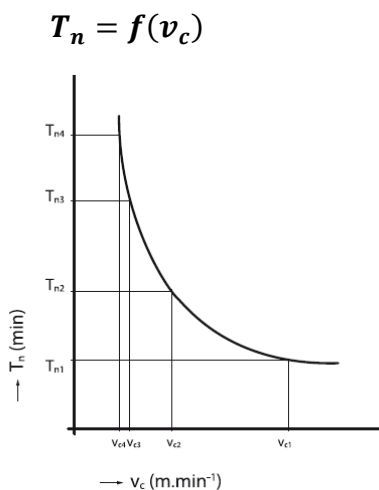
T – je trvanlivost nástroje v min

c_T – je konstanta, jejíž velikost ovlivňuje především materiál obrobku a materiál nástroje

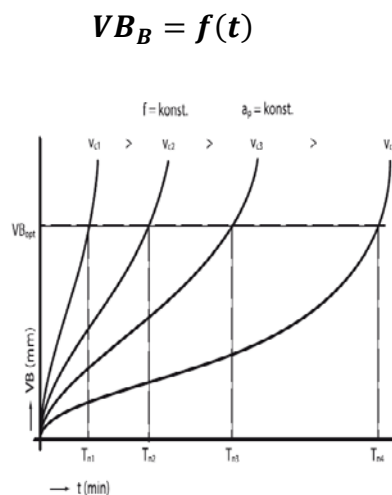
v_c – je řezná rychlost v m/min

m – je exponent, jehož velikost je závislá hlavně na fyzikálních vlastnostech materiálu břitu nástroje

Dlouhodobá zkouška trvanlivosti břitu nástroje je v podstatě jen jedna, provádí se soustružením nebo frézováním, dohodnutými konstantními řeznými parametry, druhem řezného nástroje a geometrií více odstupňovanými řeznými rychlostmi až do otupení břitu. Ze vztahu je patrné, že zvyšováním řezné rychlosti výrazně klesá trvanlivost nástroje. Toto je patrné i z grafu závislosti $T_n = f(v_c)$. Vliv řezné rychlosti na otupení břitu nástroje je patrný z grafu křivek otupení při poměrné řezné rychlosti. Je zde vyjádřena závislost průběhu opotřebení v závislosti na čase při různých řezných rychlostech [4].



Obrázek 5 – závislost trvanlivosti řezné rychlosti [4]



Obrázek 6 – závislost průběhu opotřebení na čase [4]

b) V komplexním tvaru

Vliv posuvu a hloubky řezu na trvanlivost se určuje nepřímo a to podle jejich vlivu na řeznou rychlost. Pokud tento vliv zahrneme do Taylorova vztahu, dostaneme [13]:

$$T = \frac{c_T'}{v_c^m \cdot a_p^x \cdot f^y} \quad (58)$$

c_T' – je konstanta, která je závislá na materiálu obrobku, materiálu nástroje, řezném prostředí, průřezu odřezávané vrstvy a způsobu obrábění

a_p – hloubka řezu [mm]

f – posuv [mm/ot]

x, y – jsou exponenty závislé na průřezu odřezávané vrstvy a způsobu obrábění

Z tohoto lze učinit závěr, že největší vliv na opotřebení nástroje má řezná rychlost, dále hloubka řezu a nejméně je ovlivněna posuvem. Proto se pozornost výrobců zaměřuje především na zvýšení řezné rychlosti, která je u frézování dána vztahem

$$v_c = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot D \quad (59)$$

n – otáčky [min^{-1}]

D – průměr frézy [m]

Pozornost výrobců se tak pochopitelně zaměřuje na zvyšování otáček. Zvyšování otáček vede, k velké zátěži břitu nástroje a to vlivem narůstající teploty i tlaku.

7.3. Zvyšování trvanlivosti

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem je logické, že se pozornost výrobců soustřeďuje především na vývoj nových materiálů, které by odolaly vysokým teplotám, byly odolnější vůči opotřebení, měly vyšší pevnost v tlaku. Pokud chceme zvýšit výkon obrábění, není možné snižovat trvanlivost břitu, protože toto by vedlo sice ke snížení strojního času obrábění, ale zároveň ke zvyšování nákladů na nástroje. Vývoj řezných nástrojů je základní součástí racionalizace procesů obrábění. Řezné nástroje výrazně přispívají ke splnění hlavního

požadavku na metody obrábění tj. zajištění vysoké produktivity a dosažení požadované jakosti obráběného povrchu. Nutnost vývoje stále odolnějších břitů nástroje sebou nese i stále širší použití těžko obrobitelných materiálů. U vývoje nástrojů pro frézování těžko obrobitelných ocelí, které se vyznačují jednak vysokou tvrdostí, ale i množstvím legovacích prvků, které podstatně ovlivňují jejich obrobitelnost, máme u většiny výrobců prakticky dvě možnosti volby nástroje.

Tvrdokovové nástroje

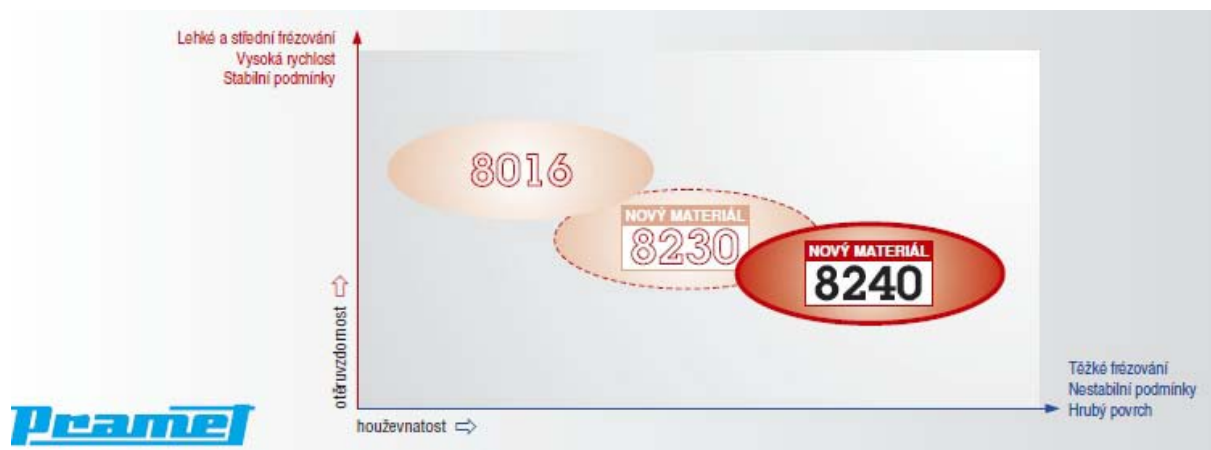
Tvrdokovové nástroje nacházejí v obrábění stále širší uplatnění. Najdeme je v sortimentu téměř každé firmy, která se výrobou nástrojů zabývá, ať se jedná o Pramet Tools s.r.o., nebo Cerametal, ISCAR, POKOLM nebo WNT. Tvrdokov se vyznačuje vysokou odolností proti opotřebení, což je dáno jeho vysokou tvrdostí, vysokou pevností v tlaku, vysokým modulem pružnosti a dostatečnou houževnatostí. Jsou vyráběny práškovou metalurgií. Rozlišujeme dvě hlavní skupiny tvrdokovů jednak tvrdokovy WC-Co s nejširším použitím a tvrdokovy obsahující příměsi karbidu, skládají se v zásadě z WC-TiC-TaNbC-Co. Pro zvýšení odolnosti jsou na některé nástroje ještě nanášeny povlaky především z Ti [10]. Nevýhodou těchto nástrojů je poměrně vysoká cena, která se pohybuje v řádech tisíců Kč. Dokončovací stopková fréza s titanovým povlakem při průměru $d = 25$ mm stojí 18.536,- Kč. Tím se náklady na obrábění velmi prodražují. Vysoká cena těchto nástrojů je dána jednak použitou technologií jejich výroby jednak použitými materiály. Další nevýhodou je nabízený sortiment. Frézy se vyrábějí do průměru $d = 20$ mm, maximálně 25 mm. Z toho plyne, že jejich použití je ekonomicky výhodné pouze při obrábění malých součástí. Kde není nutné frézovat velké plochy a kde potřebujeme kvalitní povrch. Velké uplatnění nachází především ve výrobě forem, kde je kladen velký důraz na jakost povrchu a vysokou přesnost. V běžném obrábění především rozměrnějších obrobků jsou prakticky nepoužitelné. Proto při výrobě těchto dílů, jsou stále nejrozšířenější nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami.



Graf 4 – závislost průměru stopkové tvrdokovové frézy na ceně[9]

Nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami

Oproti tvrdokovovým nástrojům, mají výhodu v tom, že těleso nástroje je vyráběno z nástrojové oceli, pouze vyměnitelné břitové destičky, které tvoří břity a jsou tak vystaveny velkým teplotám a namáhání jsou z vysoce odolných materiálů. Toto vede k úspoře nákladů. Navíc tyto nástroje mají široké rozměrové řady, lze je použít pro obrábění velkých obrobků, aniž by to vedlo k extrémnímu nárůstu nákladů jak je tomu u tvrdokovových nástrojů. Složení materiálu vyměnitelných břitových destiček i jejich povlaků je předmětem výrobních tajemství výrobců. Povlaky jsou nanášeny nanotechnologiemi, většinou se jedná o titanové povlaky. Všechny firmy přicházejí se stále novými materiály. Příkladem může být firma Pramet Tools, která v loňském roce uvedla na trh nové materiály pro frézování hůře obrobitelných materiálů. Jedná se o materiál 8230. V letošním roce materiál 8240 [12]. Na níže uvedeném obrázku nabízí Pramet srovnání nejodolnějších materiálů vyměnitelných břitových destiček, které v této chvíli vyrábí.



Obrázek 7 – porovnání otěruvzdornosti a houževnatosti vbd [12]

7.4. Opotřebení nástroje z SK

K opotřebení břitu dochází vlivem složitých chemických a fyzikálních procesů při obrábění. K opotřebení dochází nejčastěji otěrem, méně často plastickou deformací nebo křehkým lomem.

7.4.1. Opotřebení otěrem [4, 10]

Opotřebení nástroje je charakterizováno dvěma typy jevů a to mechanickými a chemickými jevy. Při mechanickém typu opotřebení dochází k porušení povrchu břitu účinkem odcházející třísky a materiálu obrobku v ploše řezu, nemění se chemické složení povrchových vrstev slinutého karbidu. Mezi tyto děje abraze a adheze.

Intenzita mechanických dějů opotřebení je závislá na poměru tvrdosti obráběného materiálu a slinutého karbidu v kontaktních plochách. Na teplotě je tento typ opotřebení závislý jen tehdy, pokud ovlivňuje poměr tvrdosti nástrojového a obráběného materiálu.

Při chemickém opotřebení se ve větší nebo menší míře mění chemické složení v místě styku slinutého karbidu a obrobku. Touto změnou se většinou zhoršují vlastnosti povrchové vrstvy nástrojového materiálu a tím i jejich odolnost proti opotřebení otěrem. Tato defektní vrstva, která vzniká většinou v důsledku oxidace nebo difuze, je snadněji opotřebována částicemi obráběného materiálu. V jiném případě dochází k přímému difuznímu rozpouštění některých strukturních složek slinutého karbidu. Mezi tyto děje patří difuze a oxidace. K chemickému opotřebení začíná docházet, pokud řezná teplota překročí 800 až 900°C.

7.4.1.1. Abraze

U abrazního opotřebení se předpokládá, že příčinou otěru čela a hřbetu je postupné mechanické narušování povrchu těchto ploch. Tvrdé strukturní složky obráběného materiálu obrušují povrch břitu. Toto je zvláště patrné u vysoce legovaných ocelí, které obsahují karbidotvorné legury, jako je chrom, wolfram, molybden a vanad. Při vyšším obsahu uhlíku se mohou v jejich struktuře vyskytnout volné karbidy těchto prvků. Jejich tvrdost je pak srovnatelná s tvrdostí strukturních složek slinutých karbidů a jejich povlaků.

7.4.1.2. Adheze

Podstatou adhezního opotřebení je vznik adhezních spojů – mikroskopických svarů. Při pohybu dochází k plynulému procesu vzniku a odtrhávání těchto mikrosvarů. Nejčastěji se vytrhává materiál obrobku a jeho částice zůstávají nalepeny na čele a hřbetě nástroje. Objem odtržené částice obráběného materiálu obvykle značně převyšuje objem částic odtržených ze slinutého karbidu a to vzhledem k podstatně vyšší tvrdosti slinutého karbidu proti materiálu obrobku. Adhezní opotřebení funkčních ploch břitu je tudíž výsledkem opakovaného vzniku a porušování mikrosvarů. Velikost vytrhávaných částic a tím i intenzita opotřebení závisí na poměru tvrdosti materiálu a slinutého karbidu v kontaktní ploše na čele a hřbetu.

7.4.1.3. Difuze

E.M.Trent vysvětluje difuzi tím, že vlivem vysokých teplot vznikne mezi odcházející třískou a čelem tenká vrstva tekuté fáze, kterou tvoří slitina oceli a některých složek slinutého karbidu. V této tekuté vrstvě se plynule rozpouštějí karbidy a pojící fáze slinutého karbidu. Tekutá vrstva je unášena třískou a tím dochází k vymílání čela. Opotřebení difuzí je závislé na materiálu slinutého karbidu. Tento typ opotřebení je složitý fyzikálně-chemický proces. Ze slinutého karbidu difunduje do ocelové třísky uhlík, wolfram a kobalt. Z třísky difunduje železo. Nejrychleji difunduje ze slinutého karbidu uhlík, obsažený v karbidu wolframu, čímž vzniká na povrchu SK křehká fáze, současně difunduje do SK železo a na jeho povrchu vzniká nová struktura, je ale podstatně křehčí a daleko méně otěrovzdorná, než byla vrstva původní. Zároveň se vznikem narušené vrstvy probíhá difuzní rozpouštění wolframu a

kobaltu v železe. Celkové opotřebení je výsledkem obou těchto procesů. Karbidy titanu, tantalu a niobu se rozpouštějí pomaleji, než karbid wolframu a železo rovněž difunduje do slinutého karbidu, který obsahuje karbid titanu daleko pomaleji. Z tohoto je zřejmé, že slinuté karbidy s titanem jsou daleko odolnější proti difuznímu chemickému opotřebení. Proto bývají destičky povlakovány. Povlaky bývají většinou právě na bázi titanu. Roli zde hraje nejen tloušťka povlaku, ale i technika jeho nanášení, protože čím méně defektů se v této povrchové vrstvě vyskytuje tím, je odolnost proti tomuto typu opotřebení větší.

7.4.1.4. Oxidace

Oxidace vedlejšího hřbetu v místě, kde vychází ze záběru s obrobkem, je dalším typem chemického opotřebení. Intenzivní oxidace povrchu slinutého karbidu vede při vyšších řezných rychlostech ke vzniku oxidační rýhy, Prohlubující se oxidační rýha vede k prolomení výmolu, který vzniká na čele difuzním opotřebením směrem na vedlejší hřbet. Tento typ opotřebení je příčinou rychlého zhoršení drsnosti obrobeného povrchu a při intenzivních řezných podmínkách vede k rychlému ukončení trvanlivosti bříty.

7.4.2. Faktory ovlivňující způsob opotřebení a možnost jejich eliminace [10]

Pro určitou dvojici obráběného materiálu a slinutého karbidu převládá jeden nebo druhý děj. Rozhodujícím faktorem, který ovlivňuje, který děj bude převládat, je střední řezná teplota. Ta je závislá především na řezné rychlosti. Proto závisí na řezné rychlosti, které mechanismy opotřebení budou převládat. Při malých a středních řezných rychlostech za určitých dalších podmínek převládá mechanický typ, při vyšších řezných rychlostech převládá chemický typ. U chemického typu opotřebení převládá při vymílání čela difuze a u opotřebení vedlejšího čela v blízkosti špičky oxidace.

Vliv chemického opotřebení se výrobcům podařilo podstatně snížit právě nanášením povlaků a technologiemi jejich nanášení.

Z mechanických typů opotřebení převládá u slinutých karbidů adheze. Pouze v případech, kdy se v obráběném materiálu vyskytují tvrdé abrazivní částice, převládá abraze.

7.4.3. Opotřebení plastickou deformací a křehkým lomem

Toto opotřebení vzniká z velké části při přerušovaném řezu, může být způsobeno periodickým kolísáním řezné síly, tím může dojít k vylamování nebo vydrolování břitu. Příčinou může být únava materiálu břitu. Proměnlivé zatížení břitu kolísající řeznou silou se zvyšuje mechanickým rázem při vnikání břitu do materiálu a teplotním rázem při výstupu břitu z řezu [].

8. Měření trvanlivosti nástroje na vybraném vzorku

8.1. Postup měření

Měření trvanlivosti nástroje budeme provádět u vybraných vzorků materiálu. Aby bylo možné porovnat dosažené hodnoty, měření bude provedeno každým zvoleným nástrojem u stejného druhu materiálu a za konstantních řezných podmínek. Tím se vyhneme výraznému zkreslení výsledku. Pokud bychom nepoužili stejný materiál, byla by trvanlivost nástroje ovlivněna chemickým složením materiálu a jeho mechanickými vlastnostmi. Nástroj budeme považovat za otupený tehdy, jestliže nebude dále schopen obrábět danou plochu. V průběhu obrábění budeme měřit ve stanovených intervalech opotřebení nástroje. Dále u každého vzorku budeme měřit drsnost povrchu, k tomuto použijeme porovnávací metodu, která plně postačuje. Drsnost povrchu má být 6,3.

8.2. Způsob měření opotřebení

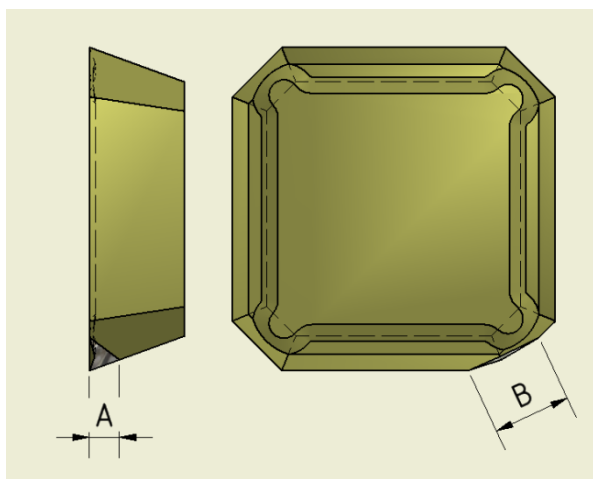
Opotřebení nástroje je možné měřit několika metodami. Metody měření se v zásadě dělí na přímé a nepřímé. Metody nepřímé se opírají, o některé znaky, které otupování břitu doprovází. Je to například zvětšení řezné síly, zvýšení teploty řezání, změna barvy a tvaru třísky apod. K použití nepřímých metod je potřeba většinou speciální měřicí zařízení, které je prakticky nedostupné navíc o metody signalizováno, že nastalo opotřebení, ale nikoliv velikost opotřebení. Pro měření velikosti o opotřebení použijeme metodu přímou. I těchto metod je několik. Patří sem metoda stínová, která je využívána u soustružení, dále metoda hmotnostní, kdy se určuje úbytek hmotnosti vyměnitelné břitové destičky a metoda rozměrová. Tato má zřejmě největší vypovídací hodnotu o velikosti opotřebení a jeho

průběhu v čase. Tato metoda je založena na tom, že se v průběhu obrábění měří velikost opotřebení [3]. Tuto metodu budeme používat.

8.3. Měření trvanlivosti a opotřebení nástroje

Měření bude prováděno tak, že barevně označíme dvě protilehlé vyměnitelné břitové destičky, jejichž opotřebení budeme v průběhu obrábění měřit. Tím snížíme chyby, které mohou být vyvolány nerovnostmi povrchu. Měření budeme provádět až po obrobení 2 třísek, tím rovněž částečně zmenšíme možné chyby měření. Pro měření použijeme vzorek z oceli Thyrodur 2379.

U vyměnitelných břitových destiček většinou dochází k lavinovitému opotřebení, proto budou měřeny rozměry tohoto opotřebení a sledován jejich průběh.



Obrázek 8 – způsob měření opotřebení vbd

8.4. Výsledky měření

Protokol k měření trvanlivosti je přílohou číslo 2. Z provedených měření byla zjištěna následující trvanlivost jednotlivých nástrojů. Vždy se jedná o trvanlivost jedné strany břitové destičky.

a) fréza velmi pozitivní W45SE123F d = 100 mm + vbd SEER 1203AFEN

T₁ = 14,2 minut, drsnost povrchu 6,3

b) čelní fréza pozitivní W75SP12D d = 100 mm + vbd SPKN 1203EDER

T₂ = 16,67 minut, drsnost povrchu 12,3

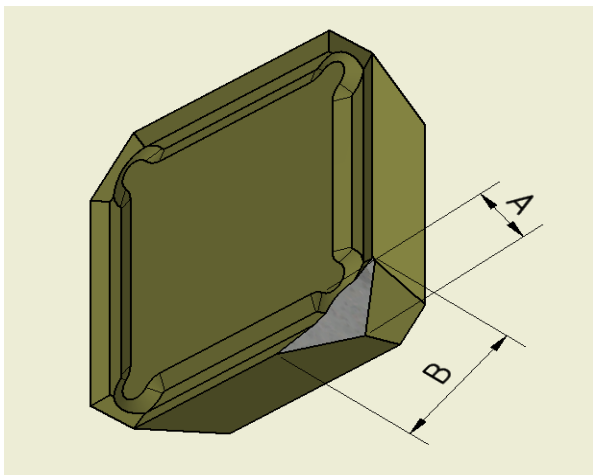
c) čelní fréza negativní W75SN12N d = 100 mm + vbd SNHN 1204ENEN

T₃ = 12 minut, drsnost povrchu 12,3

8.5. Rozbor výsledků

U všech typů nástrojů je trvanlivost podstatně menší, než je minimální trvanlivost udávaná výrobcem. Nástroj velmi rychle přestává obrábět. Dochází k neúměrnému nárůstu teploty, což je patrné na barvě třísky odcházející třísky. V případě destičky SNHN 1204ENEN je nejvýraznějším opotřebením výlom na čele a dále vrubové opotřebení na hlavním břitu.

V případě destiček SEER1203AFEN a SPKN 1203EDER dochází k lavinovému opotřebení. Jak toto opotřebení vypadá, je patrné z obrázku.



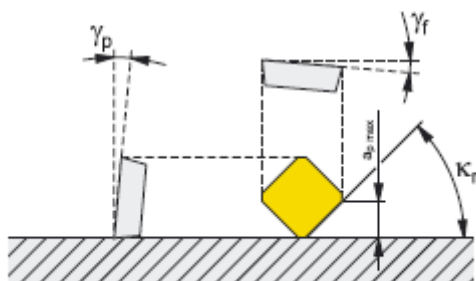
Obrázek 9 – způsob opotřebení vbd

Toto opotřebení je dáno abrazním účinkem tvrdých strukturních složek kalených legovaných ocelí. Zejména se jedná o volné karbidy chromu, wolframu, molybdenu a vanadu. Tyto poměrně rychle obrušují funkční plochy břit, protože jejich tvrdost dosahuje tvrdosti slinutých karbidů a jejich povlaků [10]. Ale zároveň toto opotřebení vede k tomu, že na destičce se vybrušuje stále nový břit. Tím se vlastně neustále obnovuje její řezivost. To se u obrábění běžných materiálů neděje. Protože dochází k úplně jinému typu opotřebení. Spíše dochází k opotřebení hřbetu.

Drsnost povrchu dosahuje hodnot, které jsou předepsané pouze u vzorku z měření číslo 1. Tj. při použití břitových destiček SEER 1203AFEN. U ostatních dvou nástrojů je povrch podstatně nekvalitnější.

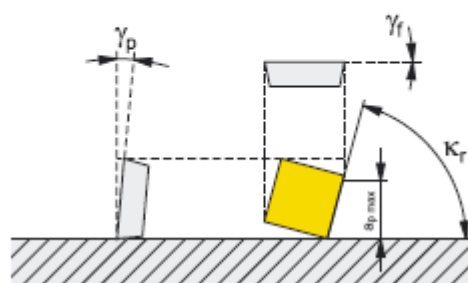
Doporučení daná výrobcem nástrojů, jsou pro tento případ nepoužitelná. Výrobce doporučuje zvolit méně intenzivní řezné podmínky. Řezné podmínky jsou velmi mírné. Takže cesta ke zvýšení trvanlivosti tímto směrem by neměla velký úspěch. Možností jak zvýšit v tomto případě trvanlivost destičky by mohla být změna jejího postavení vůči obrobku. Pokud se podíváme na postavení destičky, které je na obrázku a v podstatě je téměř shodné u všech typů, které jsme použili. Na následujících obrázcích je geometrie použitých nástrojů.

γ_p	$+18^\circ$	κ_r	45°
γ_f	-3°	$a_{p\max}$	6,5 mm



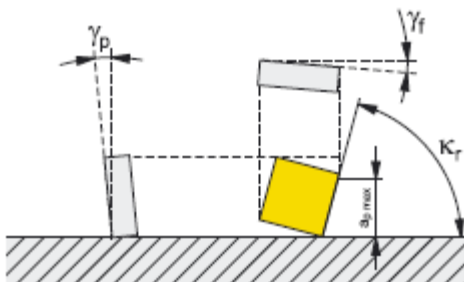
Obrázek 10 – čelní fréza velmi pozitivní geometrie [7]

γ_p	$+7^\circ$	κ_r	75°
γ_f	0°	$a_{p\max}$	9 mm

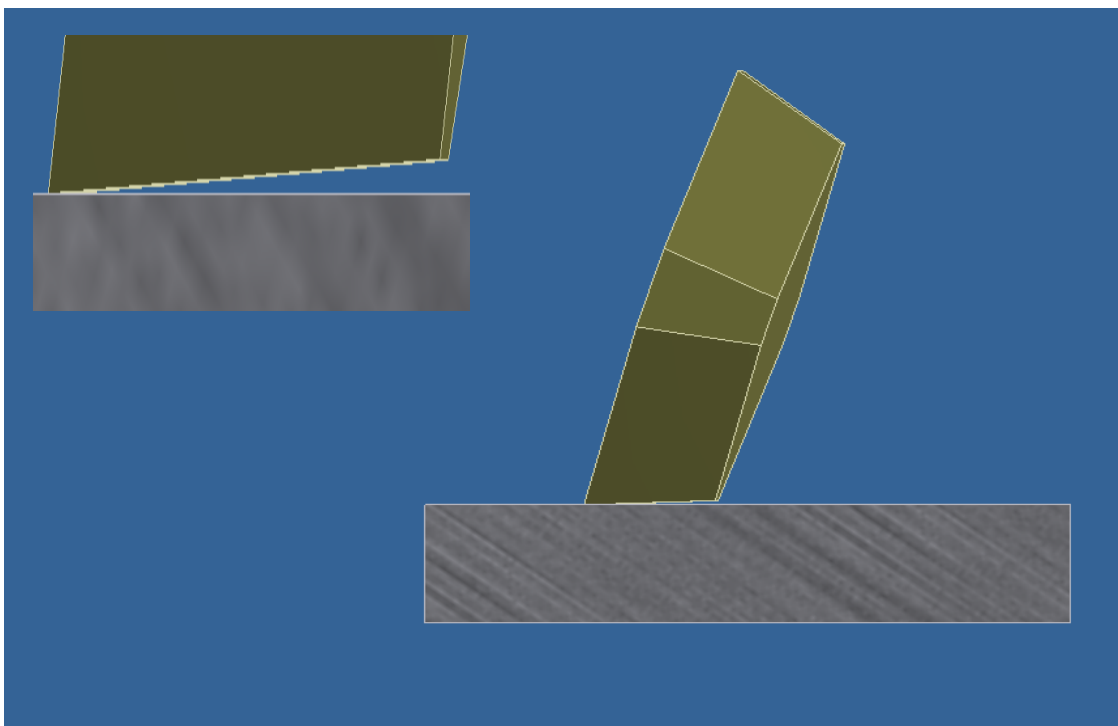


Obrázek 11 – čelní fréza pozitivní geometrie [7]

γ_p	-8°	κ_r	75°
γ_f	-5°	$a_{p\max}$	9 mm



Obrázek 12 – čelní fréza negativní geometrie [7]



Obrázek 13 – původní postavení vbd vůči obráběnému materiálu

Úhel, který destička svírá s materiálem obrobku je velmi malý, jak je z obrázku patrné a tím je malý i prostor pro vznik lavinového opotřebení. Tento úhel je součtem zadního nástrojového úhlu čela, který je dán tělesem nástroje a úhlem destičky. Úhel, můžeme ho nazvat Φ , tak bude vycházet u jednotlivých nástrojů:

Čelní fréza+vbd	Zadní úhel čela γ_p	Úhel na vbd	Φ
Velmi pozitivní+SEER1203AFEN	+18	-20	-2
Pozitivní+ SPKN 1203EDER	+7	-11	-4

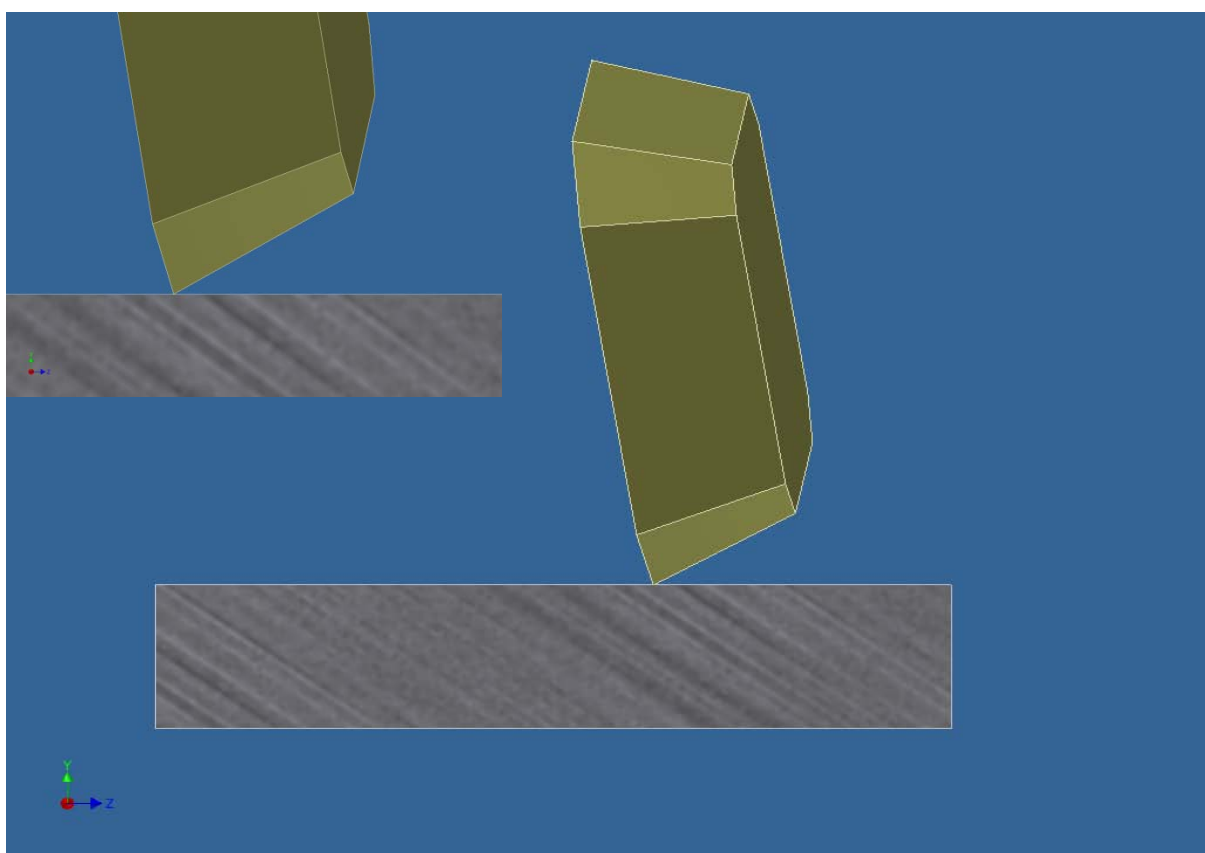
Tabulka 24 – porovnání geometrie vbd [7]

Pokud srovnáme trvanlivost destiček SPKN a SEER vidíme, že trvanlivost destičky SPKN je vyšší. Toto může být způsobeno právě větším úhlem mezi destičkou a materiálem obrobku.

8.6. Možné řešení

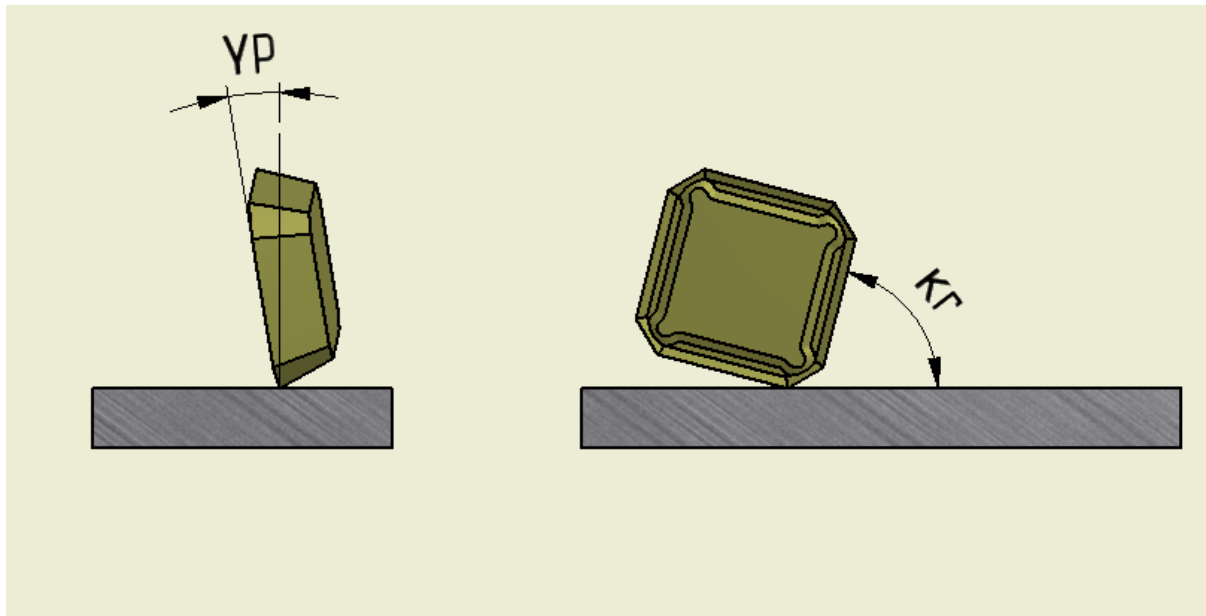
Z uvedených závěrů plyne, že pokud by se nám povedlo zvýšit úhel mezi destičkou a materiálem obrobku, mohlo by to vést k větší trvanlivosti břitové destičky. Výrobce podobný typ nástroje nenabízí, což je dáno tím, že toto řešení nebude mít široký rozsah použití, ale

bude použitelné pouze pro obrábění materiálů, které mají silný abrazní účinek na břitovou destičku a pouze u dokončovacích operací, kde budeme mít malou hloubku řezu, protože pokud bychom zvolili velkou hloubku řezu k neúměrné zátěži břitu a k jeho rychlé destrukci. Nejvýhodnější by tak bylo použít čelní frézu s negativním zadním úhlem čela a destičku, jejíž úhel bude rovněž negativní. Z tohoto pohledu se jeví jako výhodné použít čelní frézu negativní, která má zmiňovaný úhel -8° a břitovou destičku SEER. Výrobce tuto destičku nabízí i v provedení SEER 1204AFEN, tuto lze bez problémů upnout do negativní čelní frézy. Tím se úhel mezi materiálem obrobku zvýší z maximálních -4° na -28° . Postavení destičky v nástroji pak bude vypadat takto.



Obrázek 14 – nové postavení vbd vůči obráběnému materiálu

Tímto řešením bychom zvýšili prostor pro lavinovité opotřebení destičky.



Obrázek 15 – vyznačení nové geometrie vbd

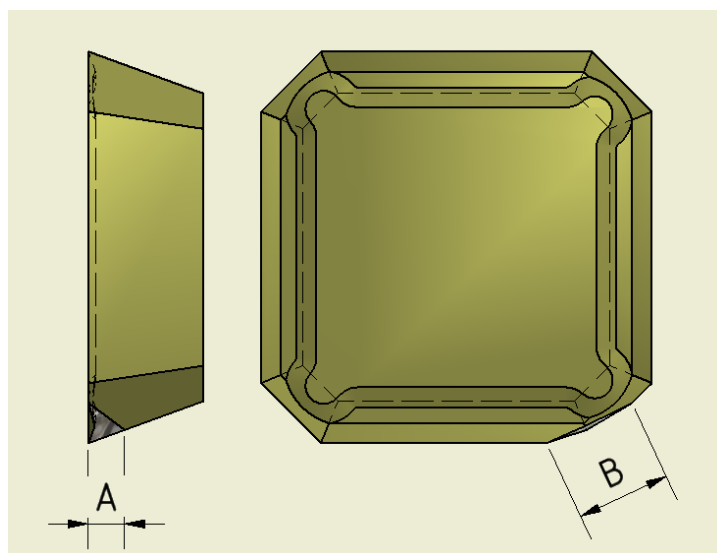
Použití destičky SEER bylo vybráno, také z důvodů, že drsnost při obrábění touto destičkou vyhovovala zadání a byla předepsaných 6,3.

9. Měření trvanlivosti nástroje a výpočet nákladů při použití nové metody

9.1. Měření trvanlivosti

9.1.1. Postup měření

Postup měření byl stejný jako u metody původní, byly frézovány jednotlivé druhy materiálů. U každého materiálu byla provedena tři měření, při kterých bylo v určitých intervalech měřeno opotřebení dvou protilehlých označených destiček. Za opotřeбенou byla destička považována stejně jako v předešlých měřeních v okamžiku, kdy přestala obrábět. Bylo předpokládáno lavinovité opotřebení. Rozměry byly pro měření označeny A, B podle následujícího obrázku.



Obrázek 16 – měřené rozměry opotřebení vbd

V měřícím protokolu, který je přílohou číslo 3, jsou uvedeny výsledky měření, včetně aritmetických průměrů. Dále byla u každého vzorku měřena drsnost a to porovnávací metodou. Všechny vzorky byly obráběny na stejném stroji a za konstantních řezných podmínek a bez použití chladicích kapalin. Řezné podmínky byly zvoleny stejné, jako u předchozí metody.

9.1.2. Výsledky měření trvanlivosti a drsnost povrchu.

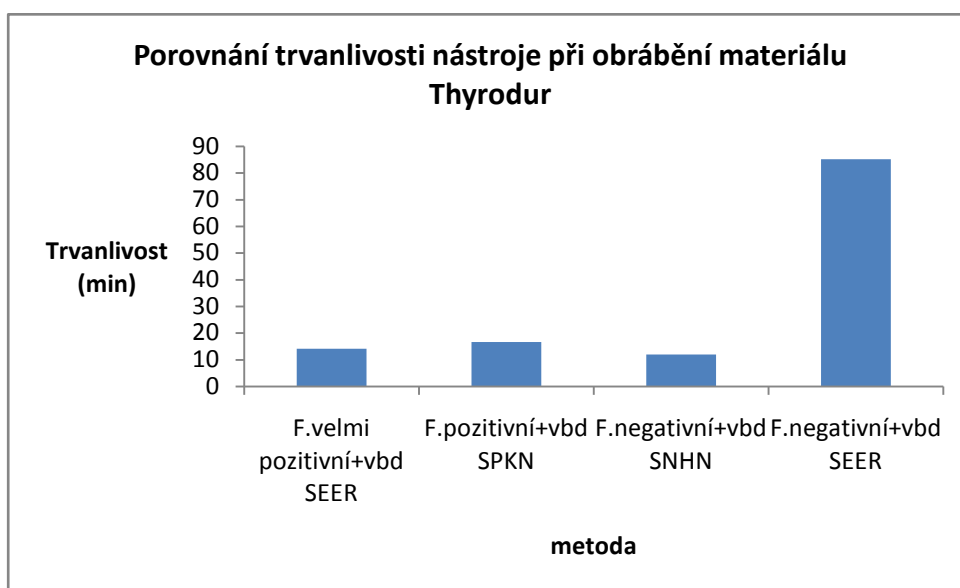
Bylo vyzkoušeno obrábění čelní frézou negativní W75SN12N, kterou jsme osadili vyměnitelnými břitovými destičkami SEER 1204AFEN. Obráběli jsme jednotlivé vzorky materiálu a měřili opotřebení a trvanlivost. Na každém vzorku byla provedena tři měření. Trvanlivost z jednotlivých měření je uvedena v tabulce.

Název materiálu →	Thyrodur	Sverkler	Vanadis	Ocel 19312
Trvanlivost (min) ↓				
Měření č. 1	88	74,75	41,43	111,19
Měření č. 2	94,3	53,18	37,9	99
Měření č. 3	73,2	62	31	116
Průměrná trvanlivost	85,17	63,31	36,78	108,73
Drsnost povrchu	6,3	6,3	6,3	3,2

Tabulka 25 – přehled výsledků měření při použití nové metody

9.1.3. Zhodnocení měření

Graf názorně ukazuje, že oproti předešlým metodám došlo k výraznému nárůstu trvanlivosti. Dosažená drsnost u všech vzorků odpovídá drsnosti požadované. V průběhu obrábění, bylo pozorováno, že s rostoucím opotřebením břitové destičky se zmenšuje drsnost povrchu a jeho kvalita roste. U oceli 19312 bylo dosaženo dokonce drsnosti 3,2 oproti požadované 6,3.



Graf 5 – porovnání trvanlivosti nástroje při použití staré a nové metody

9.2. Výpočet nákladů

Zvýšením trvanlivosti dojde i k podstatnému snížení nákladů na obrábění. K výpočtu nákladů, bylo použito stejných vzorců jako u původní metody, pouze byly dosazeny nové hodnoty trvanlivosti. Byla použita trvanlivost průměrná, ta je aritmetickým průměrem výsledků všech tří měření.

9.2.1. Náklady na nástroje

Náklady na výměnu nástroje zůstanou stejné jako v původním výpočtu

$$N_{nVF} = 19,541 \text{ Kč}$$

Náklady na nástroj vztažené k trvanlivosti budou změněny, bude použito těleso nástroje čelní fréza negativní, jejíž cena je 9.048,- Kč, vyměnitelné destičky SEER 1204AFEN, jejíž cena je 254,- Kč/ks, počet břitových destiček na nástroji je 7. Ostatní hodnoty zůstanou stejné.

$$N_{nTF} = \frac{C_d \cdot z_d}{z_b} + (1 + k_{ut} - C_{zn}) \cdot \frac{C_m}{z_u} = \frac{254 \cdot 7}{4} + (1 + 0,05) \cdot \frac{9048}{5000} = 446,4 \text{ Kč} \quad (60)$$

Celkový výpočet nákladů na nástroje se bude lišit, dle trvanlivosti břitových destiček.

Materiál Thyrodur

$$z_{vFT} = \frac{t_{ASF}}{T_{FT}} = \frac{38,5}{85,17} = 0,452 \quad (61)$$

$$N_{nFT} = z_{vFT} \cdot (N_{nTF} + N_{nVF}) = 0,452 \cdot (446,4 + 19,541) = \mathbf{210,6 \text{ Kč}} \quad (62)$$

a) Materiál Sverker

$$z_{vFS} = \frac{t_{ASF}}{T_{FS}} = \frac{38,5}{63,31} = 0,608 \quad (63)$$

$$N_{nFS} = z_{vFS} \cdot (N_{nTF} + N_{nVF}) = 0,608 \cdot (446,4 + 19,541) = \mathbf{283,29 \text{ Kč}} \quad (64)$$

b) Materiál Vanadis

$$z_{vFV} = \frac{t_{ASF}}{T_{FV}} = \frac{38,5}{36,78} = 1,047 \quad (65)$$

$$N_{nFV} = z_{vFV} \cdot (N_{nTF} + N_{nVF}) = 1,047 \cdot (446,4 + 19,541) = \mathbf{487,84 \text{ Kč}} \quad (66)$$

c) Ocel 19312

$$z_{vF19} = \frac{t_{ASF}}{T_{F19}} = \frac{38,5}{108,73} = 0,354 \quad (67)$$

$$N_{nF19} = z_{vF19} \cdot (N_{nTF} + N_{nVF}) = 0,354 \cdot (446,4 + 19,541) = \mathbf{164,94 \text{ Kč}} \quad (68)$$

9.2.2. Náklady celkem

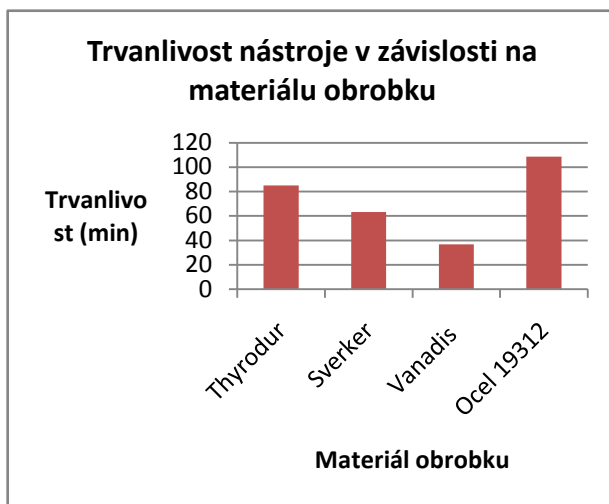
Ostatní náklady, tj. náklady na práci stroje a vedlejší náklady zůstanou stejné jako u výpočtu původní metody.

Název	Označení	Materiál			
		Thyrodur	Sverker	Vanadis	Ocel 19312
Náklady na strojní práci	Ns	209,13	209,13	209,13	209,13
Náklady na nástroje	Nn	210,6	283,29	487,84	164,94
Vedlejší náklady	Nv	9,314	9,314	9,314	9,314
Celkem		429,044	501,734	706,284	383,384

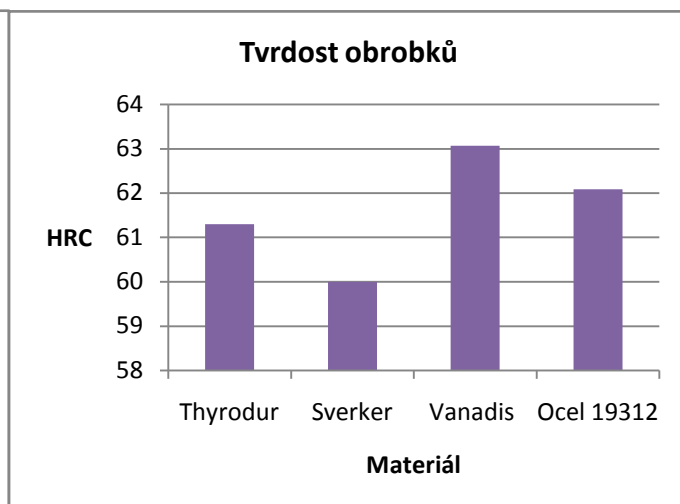
Tabulka 26 – náklady na frézování u jednotlivých druhů ocelí při použití nové metody

10. Vyhodnocení výsledků

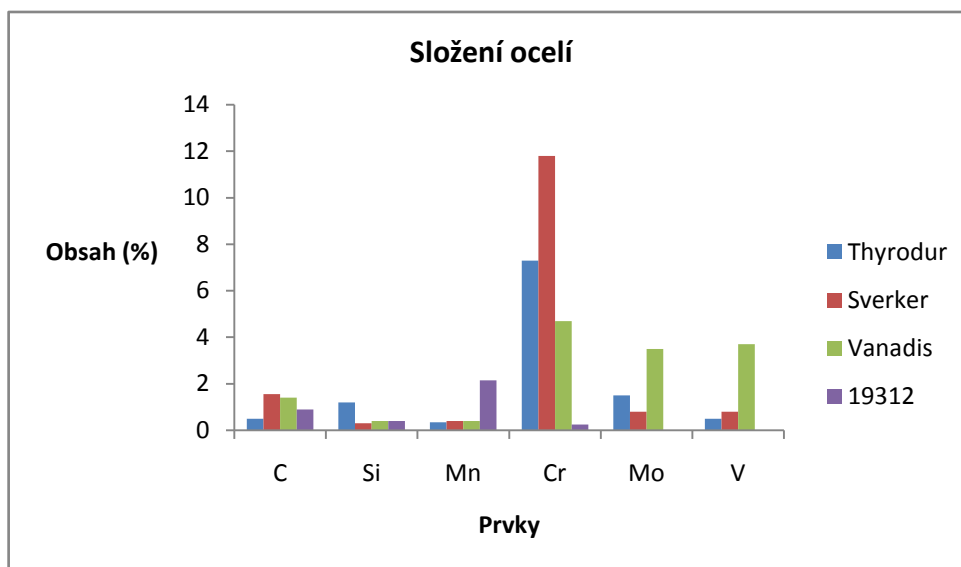
Ze srovnání výsledků měření, je zřejmé, že nejlepších výsledků bylo dosaženo u frézování oceli 19312. Nejhorších u oceli Vanadis. Při porovnání výsledků měření se ukazuje, že trvanlivost nástroje není závislá jen na tvrdosti materiálu obrobku ale z velké části i na jeho chemickém složení.



Graf 6 – porovnání trvanlivost vbd v závislosti na obráběném materiálu



Graf 7 – porovnání tvrdosti obráběných materiálů

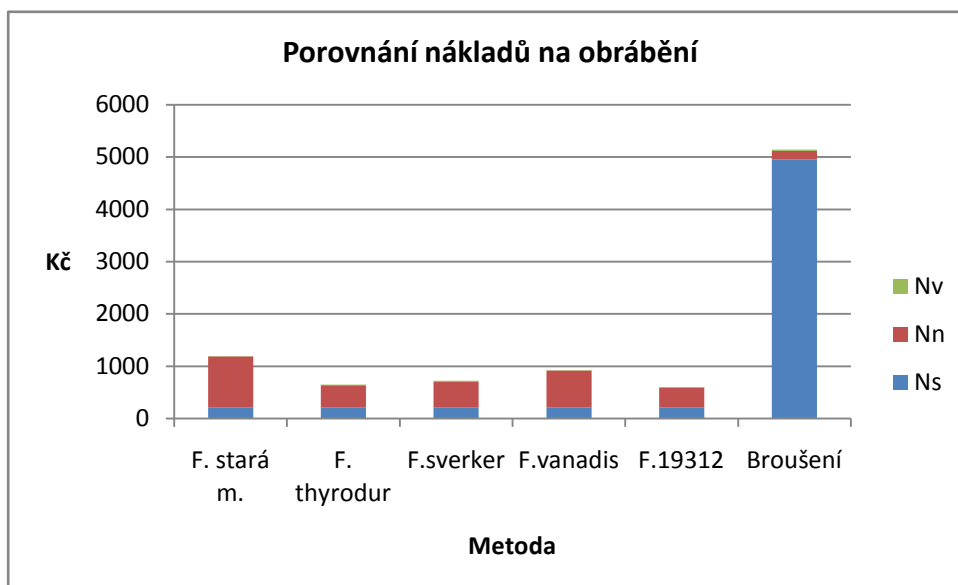


Graf 8 – porovnání chemického složení obráběných materiálů

Nejlepších výsledků bylo dosaženo u oceli 19312, která je ve srovnání s ocelí sverker tvrdší, ale na rozdíl od ní neobsahuje ani vanad ani molybden a i procento chromu má podstatně nižší. Nejhorší výsledky jsou u obrábění oceli vanadis, která má největší tvrdost, ale i největší podíl vanadu, molybdenu a poměrně značné procento chromu, to spolu s vyšším obsahem uhlíku vede ke vzniku volných velmi tvrdých karbidů a tím dochází k výraznějšímu brusnému otěru u vyměnitelné břitové destičky. Ocel thyrodur má rovněž vysoké procento chromu, ale obsah uhlíku výrazně nižší. Tím je možno zdůvodnit větší trvanlivost nástroje.

U všech vzorků byla změřena drsnost, nejlepší kvalita povrchu byla dosažena u oceli 19312, ale zároveň u všech vzorků bylo pozorovatelné, že jak roste otupení břitových destiček, zlepšuje se kvalita povrchu. U oceli 19312 může být tento jev opět způsoben chemickým složením. Dochází k větší deformaci zrn a vznikne kvalitnější textura na povrchu obráběné součásti.

Bylo opět prokázáno, že náklady jsou u frézování závislé na nákladech na nástroje a tím jejich trvanlivosti. V grafu jsou srovnány náklady při použití broušení staré metody frézování (pro porovnání je použit aritmetický průměr) a metody nové. Je třeba říct, že pokud použijeme metodu starou, nedosáhneme potřebné jakosti povrchu a je na obrobku nutné ponechat přídavek na broušení. Tento přídavek bude sice poměrně malý, ale přesto dojde k nárůstu nákladů.



Graf 9 – porovnání nákladů na obrábění u jednotlivých metod a technologií

U všech materiálů jsou při použití nové metody náklady podstatně nižší, stejně jako dosažená drsnost povrchu. Nová metoda je tak jednoznačně přínosná, nejen že snižuje náklady na nástroje a prodlužuje jejich trvanlivost, ale zároveň nám zkvalitňuje obráběný povrch.

11. Závěr

Z celé práce lze učinit dva závěry. Jednak to je odpověď na otázku, která plyne přímo ze zadání úkolu, tj. jestli je renovace nožů do nožových mlýnů realizovatelná a s jakými náklady. Dále je možné učinit závěr obecný, který nám poskytne odpověď na otázku optimalizace procesu obrábění kalených legovaných ocelí.

11.1. Renovace nožů do nožových mlýnů.

Renovaci nožů je možné provést. Z ekonomického pohledu bude renovace přínosná a pro odběratele zajímavá pokud nože budou frézovány. Pokud nože budeme brousit, bude pro zákazníka výhodnější koupit si nůž nový, protože náklady na broušení budou dosahovat ceny nového nože. To bude platit především u nožů z ocelí 19312 nebo oceli Thyrodur, kde materiálové náklady jsou poměrně nízké. U ocelí z dražších materiálů, například Vanadisů je pravděpodobné, že bude dosaženo úspory nákladů.

Při frézování nožů budou náklady na renovaci o stovky procent nižší. Pokud použijeme novou metodu frézování, náklady na renovaci jednoho nože klesnou například u oceli Thyrodur z původních 890,- Kč/ks na 429,- Kč/ks, tedy o více než polovinu. V tomto případě je renovace nožů velmi výhodná. Navíc při použití nové metody nám vznikne daleko kvalitnější povrch a odpadá nutnost přebroušení obrobku, které by u původní metody bylo zřejmě nevyhnutelné, ne z důvodu dosažení rozměrové přesnosti, ale z důvodů dosažení požadované drsnosti. Tím by náklady dále vzrostly.

11.2. Optimalizace obrábění kalených legovaných ocelí.

- a) Trvanlivost nástroje u frézování kalených legovaných ocelí je kromě jiného závislá na úhlu, který svírá nástroj s materiálem obrobku, čím větší tento úhel bude, tím větší je možnost abrazního otěru a tím delší je trvanlivost nástroje. Úhel musí být

zvolen optimálně, aby nedošlo v důsledku namáhání k přetížení břitu a tím jeho předčasné destrukci. Ukázalo se, že optimálním je úhel negativní -28° . Tohoto úhlu lze dosáhnout, pokud do čelní negativní frézy použijeme vyměnitelné břitové destičky SEER 1204AFEN, které jsou určeny do čelní frézy velmi pozitivní. Konstrukcí frézy a destiček dosáhneme změny ve velikosti úhlu a tím zvýšíme možnost opotřebení břitové destičky.

- b) Metoda je obecně použitelná v případech, kdy k opotřebení břitových destiček dochází lavinovitě abrazním otěrem. Hloubka řezu musí být stanovena v řádech desetin mm, aby nedošlo k destrukci břitu vlivem ohybových napětí. Optimální je hloubka řezu 0,3 mm.
- c) Trvanlivost nástroje a je výrazně ovlivněna nejen tvrdostí obráběného materiálu, ale i jeho chemickým složením. Pokud ocel obsahuje vysoké procento chromu a vanadu a zároveň vysoké procento uhlíku, výrazně se zhoršuje její obrobiteľnost. Dochází k velmi rychlému abraznímu otěru nástroje a jeho trvanlivost výrazně klesá [10].
- d) Pokud potřebujeme u kalených legovaných ocelí odebírat větší třísku je podstatně méně nákladné frézování než broušení. Toto je ovšem na úkor rozměrové přesnosti a drsnosti povrchu. U frézování dosáhneme drsnost povrch 6,3 v ojedinělých případech 3,2. U broušení bez větších problémů dosáhneme drsnosti 0,8 i 0,4. Pokud chceme, dosáhnout, menší drsnosti povrchu je vhodné nechat u frézování přídavek cca 0,02 mm, tím se nám obrobení dílu prodraží, ale podstatně méně, než kdybychom celou součást pouze brousili. Jakost povrchu bude stejná, ale s podstatně menšími náklady.
- e) Drsnost povrchu je u frézování ovlivněna i stupněm opotřebení břitu nástroje. Pokud je dosaženo optimálního stupně opotřebení kvalita povrchu se výrazně zlepšuje.
- f) Broušení součásti zvláště u velkých přídavků je nákladnější než frézování. Hlavním činitelem, který u broušení ovlivňuje náklady je strojní čas. U frézování jsou náklady nejvíce ovlivněny trvanlivostí nástroje, cesta snížení nákladů u frézování je zvýšení trvanlivosti nástroje.

- g) Použití metody je výhodné zvláště v kusové a malosériové výrobě, kde se nám vzhledem k počtu obráběných dílů nevyplatí velké investice do nového strojního vybavení v podobě jednoúčelových strojů případně CNC strojů.
- h) Přínosem může být zejména při obrábění součástí větších rozměrů, kde nemůžeme použít nástroje z tvrdokovu, které se dělají pouze do omezeného rozměru. V tomto případě je limitem průměr frézy. Tyto frézy se vyrábějí až do průměru 160 mm, na rozdíl od fréz tvrdokovových, které jsou vyráběny do průměrů 25 mm a tím je jejich rozsah použití podstatně větší.

12. Použitá literatura:

- [1] Přikryl Z., Musílková R. *Teorie obrábění*, 3. vydání
Praha: SNTL- ALFA Praha, 1982. 235 s. ISBN –
- [2] Mouka E. *Teorie obrábění*, 2. vydání
Praha: SNTL, 1985. 149 s. ISBN –
- [3] Bilík O., Mádl J. *Trvanlivost břitu a provozní spolehlivost obráběcího nástroje*, 1. Vydání
Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2001. 86 s. ISBN 80-7044-389-8
- [4] Dráb V. a kolektiv. *Technologie*, 2. vydání
Liberec: VŠST Liberec, 1985. 295 s. ISBN –
- [5] Věchet V. *Technologické projekty*, 1. vydání
Liberec: VŠST Liberec, 1982. 223 s. ISBN –
- [6] Vigner M., Zelenka A., Král M. *Metodika projektování výrobních procesů*, 1. vydání
Praha: SNTL- ALFA Praha, 1984. 588 s, ISBN –
- [7] Pramet Tools, s.r.o., Šumperk: Pramet - frézování, 2009. 304 s.
- [8] TYROLIT CEE k. s., Benátky nad Jizerou: Katalog výrobků, přesné broušení, [B. r.], 112 s.
- [9] WNT Česká republika s.r.o., Valašské Meziříčí: 20 let TOTAL TOOLING, 2008.
- [10] MM publishing s.r.o., *Kompletní desetiletý archiv jednotlivých vydání MM Průmyslového spektra MM 1997-2006*. [DVD]. 1. vydání. Praha: MM publishing s.r.o., 2010. ISBN –
- [11] *Oceli pro práci za studena* (katalogové listy/rozměry). [online]. Praha: Bohler Udeholm CZ s.r.o., 2003. Dostupné na: <http://www.uddeholm.cz/index.php>
- [12] *Nový materiál pro frézování ocelí* (katalog). [online]. Šumperk: Pramet Tools, s.r.o., 2008. Dostupné na: <http://www.pramet.com/indexc1b6.html>
- [13] JERSÁK J. *Technologie III – Obrábění* (studijní podklady). [online] Liberec: Technická univerzita v Liberci, katedra obrábění a montáže, listopad 2009. Dostupné na: <http://www.kom.tul.cz/download.php>
- [14] *Jednotné normativy – soustruhy s oběžným průměrem do 500 a 800 mm, I a II*. [online] Praha: Federální ministerstvo všeobecného strojírenství, Federální ministerstvo hutnictví a těžkého strojírenství, 1978. Dostupné na: <http://www.kom.tul.cz/download.php>
- [15] *Zaměstnanci a průměrné mzdy podle odvětví* (veřejná databáze). [online] Praha: Český statistický úřad, 2009. Dostupné na: http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?voa=tabulka&cislotab=PRA0010UU&&kapitola_id=15
- [16] Bureš Jiří. *Zkouška tvrdosti Rockwell* (popis zkoušky). [online]. 2002 Dostupné na: <http://www.converter.cz/jednotky/tvrdost-rockwell.htm>

13. Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1 – nůž z nožového mlýna po opotřebení
Obrázek 2 – čelní fréza velmi pozitivní a geometrie vbd
Obrázek 3 – čelní fréza pozitivní a geometrie vbd
Obrázek 4 – čelní fréza negativní a geometrie vbd
Obrázek 5 – závislost trvanlivosti řezné rychlosti
Obrázek 6 – závislost průběhu opotřebení na čase
Obrázek 7 – porovnání otěruvzdornosti a houževnatosti vbd
Obrázek 8 – způsob měření opotřebení vbd
Obrázek 9 – způsob opotřebení vbd
Obrázek 10 – čelní fréza velmi pozitivní geometrie
Obrázek 11 – čelní fréza pozitivní geometrie
Obrázek 12 – čelní fréza negativní geometrie
Obrázek 13 – původní postavení vbd vůči obráběnému materiálu
Obrázek 14 – nové postavení vbd vůči obráběnému materiálu
Obrázek 15 – vyznačení nové geometrie vbd
Obrázek 16 – měřené rozměry opotřebení vbd

Tabulka 1 – chemické složení oceli
Tabulka 2 – mechanické vlastnosti ocelí
Tabulka 3 – skutečná tvrdost vzorků
Tabulka 4 – aktuální rozměry vzorků
Tabulka 5 – časy jednotlivých úkonů při broušení
Tabulka 6 – norma jednotkového času při broušení
Tabulka 7 – norma dávkového času při broušení
Tabulka 8 – norma času vztažená k trvanlivosti nástroje při broušení
Tabulka 9 – časy z normativů při broušení
Tabulka 10 – směnový čas při broušení
Tabulka 11 – parametry tělesa frézovacího nástroje
Tabulka 12 – parametry břitových destiček
Tabulka 13 – kompletace řezného nástroje pro frézování
Tabulka 14 – časy úkonů při frézování
Tabulka 15 – norma dávkového času při frézování
Tabulka 16 – norma dávkového času při frézování
Tabulka 17 – norma času vztažená k trvanlivosti nástroje při frézování
Tabulka 18 – časy z normativů při frézování
Tabulka 19 – směnový čas při frézování
Tabulka 20 – ceny vbd
Tabulka 21 – ceny tělesa frézovacího nástroje
Tabulka 22 – počty vbd v tělese frézovacího nástroje
Tabulka 23 – porovnání nákladů na frézování a broušení
Tabulka 24 – porovnání geometrie vbd
Tabulka 25 – přehled výsledků měření při použití nové metody
Tabulka 26 – náklady na frézování u jednotlivých druhů ocelí při použití nové metody

Graf 1 – porovnání nákladů broušení a frézování v Kč
Graf 2 – porovnání nákladů na frézování a broušení v %
Graf 3 – závislost nákladů na nástroje na jejich trvanlivosti
Graf 4 – závislost průměru stopkové tvrdokovové frézy na ceně
Graf 5 – porovnání trvanlivosti nástroje při použití staré a nové metody
Graf 6 – porovnání trvanlivost vbd v závislosti na obráběném materiálu
Graf 7 – porovnání tvrdosti obráběných materiálů
Graf 8 – porovnání chemického složení obráběných materiálů
Graf 9 – porovnání nákladů na obrábění u jednotlivých metod a technologií

14. Seznam příloh

Příloha č. 1 - Protokol měření tvrdosti

Příloha č. 2 - Protokol měření trvanlivosti nástroje – stará metoda

Příloha č. 3 - Protokol měření trvanlivosti nástroje – nová metoda

Příloha č. 4 – Nožový mlýn G – 400/600 (manuál firemní dokumentace)

Příloha č. 5 – výrobní výkres nože 4-KOM-1144-00-01 (firemní dokumentace)

Celkem 27 stran.

Příloha číslo. 1 - Protokol měření tvrdosti

1. Popis zkoušky

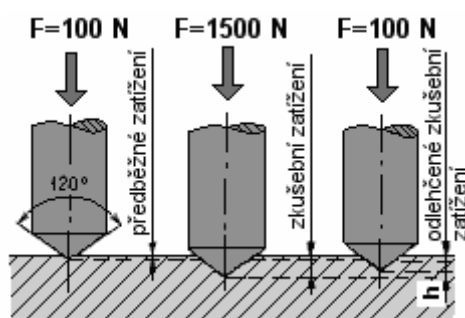
Tvrdost byla změřena u náhodně vybraných vzorků ze série. Vzhledem k tomu, že celá série byla vyrobena ze shodného materiálu a kalena v témže prostředí, dá se předpokládat, že se nebude u ostatních kusů příliš lišit.

Tvrdost byla změřena v kooperaci firmou Bodycote HT s.r.o. Liberec, dne 30. 3. 2010.

Protože se jedná o kalenou ocel, byla provedena zkouška tvrdosti dle Rockwella dle ČSN ISO 6508

Použitý tvrdoměr: Wilson Walpert

Průběh zkoušky: HRC – diamantový kužel s vrcholovým úhlem 120°



Obrázek – postup zkoušky [16]

2. Měření

Zkušební vzorky: vzorky byly označeny obchodním názvem oceli a číslem vzorku, všechny vzorky mají stejné rozměry $L = 450$ mm, na každém vzorku byla provedena 3 měření a to v délkách $L_1 = 120$ mm, $L_2 = 240$ mm, $L_3 = 360$ mm.

2.1. Ocel Thyrodur

Číslo vzorku	Tvrdost HRC		
	Měření č. 1 $L_1 = 120$ mm	Měření č. 2 $L_2 = 240$ mm	Měření č. 3 $L_3 = 360$ mm
1	60,5	61,5	61
2	61,5	61,75	61,5
3	60,25	61,15	61

2.2. Ocel Sverker 21

Číslo vzorku	Tvrdost HRC		
	Měření č. 1 $L_1 = 120$ mm	Měření č. 2 $L_2 = 240$ mm	Měření č. 3 $L_3 = 360$ mm
1	60,5	60,15	59,75
2	60,25	60,15	60,5
3	59,5	59,25	60

2.3. Ocel Vanadis 4

Číslo vzorku	Tvrdost HRC		
	Měření č. 1 $L_1 = 120$ mm	Měření č. 2 $L_2 = 240$ mm	Měření č. 3 $L_3 = 360$ mm
1	62,75	63	63
2	63	62,75	63,25
3	63,5	63,15	63,25

2.4. Ocel 19312

Číslo vzorku	Tvrdost HRC		
	Měření č. 1 $L_1 = 120$ mm	Měření č. 2 $L_2 = 240$ mm	Měření č. 3 $L_3 = 360$ mm
1	62,5	62,75	61,75
2	61,75	62	61,5
3	62,25	62,15	62,15

2.5. Ocel 14220

Číslo vzorku	Tvrdost HRC		
	Měření č. 1 $L_1 = 120$ mm	Měření č. 2 $L_2 = 240$ mm	Měření č. 3 $L_3 = 360$ mm
1	61,5	61,5	61
2	60,75	61,15	61,5
3	61,25	61,15	61

3. Vyhodnocení měření:

Pro stanovení průměrné tvrdosti jednotlivých vzorků, použijeme střední hodnotu rozdělovacího zákona, výsledky měření budeme aproximovat aritmetickým průměrem naměřených hodnot. Nejprve provedeme aproximaci měření jednoho vzorku a v dalším kroku aproximaci série vzorků, tak získáme střední hodnotu tvrdosti, jednotlivých sérií vzorků. Pro aproximaci použijeme vzorec

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n a_i$$

a – je střední hodnota HRC

n – počet měření

a_i – naměřené hodnoty

3.1. Thyrodur

$$\begin{aligned}\overline{HRC}_1 &= \frac{1}{3} \cdot (60,5 + 61,5 + 61) = 61 \\ \overline{HRC}_2 &= \frac{1}{3} \cdot (61,5 + 61,75 + 61,5) = 61,58 \\ \overline{HRC}_3 &= \frac{1}{3} \cdot (60,25 + 61,15 + 61) = 60,8\end{aligned}$$

$$\overline{\text{HRC}}_T = \frac{1}{3} \cdot (61 + 61,58 + 60,8) = \underline{\underline{61,13}}$$

3.2. Sverker 21

$$\overline{\text{HRC}}_1 = \frac{1}{3} \cdot (60,5 + 60,15 + 59,75) = 60,13$$

$$\overline{\text{HRC}}_2 = \frac{1}{3} \cdot (60,25 + 60,15 + 60,5) = 60,3$$

$$\overline{\text{HRC}}_3 = \frac{1}{3} \cdot (59,5 + 59,25 + 60) = 59,58$$

$$\overline{\text{HRC}}_S = \frac{1}{3} \cdot (60,13 + 60,3 + 59,58) = \underline{\underline{60}}$$

3.3. Vanadis 4 Extra

$$\overline{\text{HRC}}_1 = \frac{1}{3} \cdot (62,75 + 63 + 63) = 62,92$$

$$\overline{\text{HRC}}_2 = \frac{1}{3} \cdot (63 + 62,75 + 63,25) = 63$$

$$\overline{\text{HRC}}_3 = \frac{1}{3} \cdot (63,5 + 63,15 + 63,25) = 63,3$$

$$\overline{\text{HRC}}_v = \frac{1}{3} \cdot (62,92 + 63 + 63,3) = \underline{\underline{63,07}}$$

3.4. Ocel 19312

$$\overline{\text{HRC}}_1 = \frac{1}{3} \cdot (62,5 + 62,75 + 61,75) = 62,33$$

$$\overline{\text{HRC}}_2 = \frac{1}{3} \cdot (61,75 + 62 + 61,5) = 61,75$$

$$\overline{\text{HRC}}_3 = \frac{1}{3} \cdot (62,25 + 62,15 + 62,15) = 62,18$$

$$\overline{\text{HRC}}_{18} = \frac{1}{3} \cdot (62,33 + 61,75 + 62,18) = \underline{\underline{62,09}}$$

Příloha č. 2. - Protokol měření trvanlivosti – stará metoda

1. Postup měření

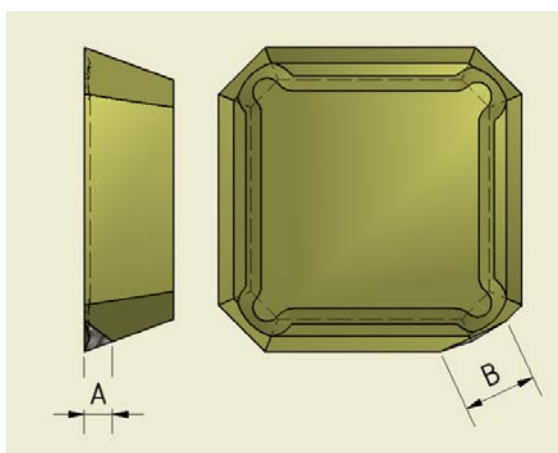
Měření trvanlivosti nástroje bylo provedeno u vybraných vzorků materiálu Thyrodur 2379. Aby bylo možné porovnat dosažené hodnoty, měření bylo provedeno každým zvoleným nástrojem a za konstantních řezných podmínek. Tím jsme se vyhnuli výraznému zkreslení výsledku. Měření bylo prováděno tak, že jsme barevně označili dvě protilehlé vyměnitelné břitové destičky, jejichž opotřebení jsme v průběhu obrábění měřili. Tím jsme snížili chyby, které mohou být vyvolány nerovností povrchu. Měření bylo prováděno až po obrobení 2 třísek, tím byla rovněž částečně zmenšeny možné chyby měření. Měření bylo prováděno na stejném stroji, aby byla zajištěna objektivnost a vyloučeny vlivy opotřebení stroje, jeho přesnost, tuhost soustavy atd.

2. Použité zařízení

- Frézka FA4V, včetně příslušenství (trny, podložky) výrobce TOS
- Výklopný svěrák
- Dílenský mikroskop
- Drsnoměr firmy MITUTOYO typ Surftest 211
- Digitální posuvné měřítko MITUTOYO

3. Způsob měření opotřebení

Měřili jsme dva rozměry opotřebení dle obrázku. K měření jsme použili dílenský mikroskop. Nástroj jsme považovali za otupený v okamžiku, kdy přestane obrábět. Vždy jsme měřili trvanlivost jedné strany břitové destičky. Měřili jsme po 2 minutách a to až do doby 8 minut. Po té jsme interval prodloužili a měřili po 4 minutách, protože lze předpokládat, že z počátku je opotřebení rychlejší.



4. Řezné podmínky

Otáčky (ot/min)	Posuv (mm/min)	Hloubka řezu (mm)
125	80	0,3

5. Výsledky měření

Vždy se jedná o trvanlivost jedné strany břitové destičky. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulkách.

5.1. Měření č. 1

Nástroje: čelní fréza velmi pozitivní W45SE123F d = 100 mm
+ vbd velmi pozitivní SEER 1203AFEN

Tabulka naměřených hodnot - měření č.1/1

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	1	2,5	0,8	2,13	0,9	2,315
2	4	1,07	3,36	0,9	3,76	0,985	3,56
3	6	1,16	3,89	0,9	3,9	1,03	3,895
4	8	1,2	4,06	1,03	4,15	1,115	4,105
5	12	1,31	4,12	1	4,35	1,155	4,235
6	12,8	1,4	4,2	1,15	4,5	1,275	4,35

Tabulka naměřených hodnot - měření č.1/2

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	1,11	2,26	1,12	2,6	1,115	2,43
2	4	1,12	3,57	1,15	2,65	1,135	3,11
3	6	1,2	3,8	1,19	2,9	1,195	3,35
4	8	1,25	3,95	1,21	3,55	1,23	3,75
5	12	1,3	4,01	1,23	4	1,265	4,005
6	15,2	1,32	4,26	1,24	4,8	1,28	4,53

Tabulka naměřených hodnot - měření č. 1/3

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,9	2,54	1,1	2,45	1	2,495
2	4	1	3,01	1,19	3	1,095	3,005
3	6	1,1	3,46	1,25	3,15	1,175	3,305
4	8	1,24	4	1,28	3,76	1,26	3,88
5	12	1,37	4,12	1,3	4,12	1,335	4,12
6	14,6	1,46	4,8	1,36	4,29	1,41	4,545

Celková průměrná trvanlivost	T = 14,2
-------------------------------------	-----------------

T_{F1} = 14,2 minut

Drsnost povrchu 6,3

Závěr:

Trvanlivost břitu udávaná výrobcem je 30 min. Trvanlivost při obrábění těžko obrobitelné kalené oceli této hodnoty nedosahuje. Břit nástroje je zcela opotřeбенý a přestává obrábět již po 14,2 minutách. Je pozorovatelné velmi výrazné lavinovité opotřebení způsobené abrazním otěrem, dochází k němu velmi rychle, je velmi výrazné již v prvních minutách frézování.

5.2. Měření č. 2

Nástroje: čelní fréza pozitivní W75SP12D d = 100 mm
+ vbd SPKN 1203EDER

Tabulka naměřených hodnot - měření č.2/1

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	1	2	0,9	2,08	0,95	2,04
2	4	1,19	2,17	1,12	2,24	1,155	2,205
3	6	1,28	2,48	1,21	2,32	1,245	2,4
4	8	1,59	2,65	1,39	2,33	1,49	2,49
5	12	1,97	2,71	1,45	2,34	1,71	2,525
6	16	2,13	2,9	1,8	2,36	1,965	2,63
7	17,1	2,28	2,96	2,1	2,36	2,19	2,66

Tabulka naměřených hodnot - měření č.2/2

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	1,12	2,08	1,19	1,87	1,155	1,975
2	4	1,45	2,15	1,39	2,12	1,42	2,135
3	6	1,76	2,76	1,45	2,35	1,605	2,555
4	8	1,8	2,8	1,78	2,37	1,79	2,585
5	12	1,89	3,01	1,8	2,39	1,845	2,7
6	15,25	2,08	3,12	1,95	2,4	2,015	2,76

Tabulka naměřených hodnot - měření č.2/3

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,71	1,78	0,89	2,12	0,8	1,95
2	4	0,81	2,34	0,95	2,27	0,88	2,305
3	6	0,88	2,56	1,14	2,31	1,01	2,435
4	8	0,95	2,8	1,19	2,36	1,07	2,58
5	12	1,08	2,91	1,28	2,54	1,18	2,725
6	16	1,13	3	1,31	2,6	1,22	2,8
7	17,66	1,15	3,08	1,35	2,6	1,25	2,84

Celková průměrná trvanlivost	T = 16,67
-------------------------------------	------------------

T_{F2} = 16,67 minut

Drsnost povrchu 12,3

Závěr:

Trvanlivost břitu udávaná výrobcem je 30 min. Trvanlivost při obrábění těžko obrobitelné kalené oceli této hodnoty nedosahuje. Břit nástroje je zcela opotřeбенý a přestává obrábět již po 16,67 minutách. Nejvýraznějším opotřeбенím lavinovité abrazní opotřeбенí, dále je patrné vrubové opotřeбенí na hlavním břitu.

5.3. Měření č. 3

Nástroje: čelní fréza negativní W75SN12N d = 100 mm
+ vbd negativní SNHN 1204ENEN

Tabulka naměřených hodnot - měření č.3/1

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	1,12	1,5	1,17	1,42	1,145	1,46
2	4	1,2	2,14	1,22	2,09	1,21	2,115
3	6	1,27	2,29	1,28	2,14	1,275	2,215
4	8	1,31	2,41	1,32	2,36	1,315	2,385
5	12	1,35	2,54	1,39	2,5	1,37	2,52
6	13,5	1,49	2,69	1,41	2,56	1,45	2,625

Tabulka naměřených hodnot - měření č.3/2

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	1,2	1,7	1,28	1,89	1,24	1,795
2	4	1,25	1,78	1,29	1,92	1,27	1,85
3	6	1,34	1,98	1,34	1,98	1,34	1,98
4	8	1,38	2,19	1,35	2,15	1,365	2,17
5	10,29	1,4	2,56	1,42	2,67	1,41	2,615

Tabulka naměřených hodnot - měření č.3/3

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	1,21	2	1,11	1,69	1,16	1,845
2	4	1,28	2,03	1,13	1,75	1,205	1,89
3	6	1,32	2,24	1,19	2,19	1,255	2,215
4	8	1,36	2,34	1,28	2,45	1,32	2,395
5	12	1,39	2,39	1,29	2,49	1,34	2,44
6	12,21	1,39	2,4	1,34	2,75	1,365	2,575

Celková průměrná trvanlivost	T = 12	
-------------------------------------	---------------	--

T_{F3} = 12 minut

Drsnost povrchu 12,3

Závěr:

Trvanlivost břitu udávaná výrobcem je 30 min. Trvanlivost při obrábění těžko obrobitelné kalené oceli této hodnoty nedosahuje. Břit nástroje je zcela opotřeбенý a přestává obrábět již po 12 minutách. Nejvýraznějším opotřeбенím je výlom na čele a dále velmi výrazné vrubové opotřeбенí na hlavním břitu.

Měření bylo provedeno ve firmě Procházka Jan – Kovoobrábení, ve dnech 4. 4. 2010 – 10. 4. 2010.

Příloha č. 3. – Protokol měření trvanlivosti – nová metoda

1. Postup měření

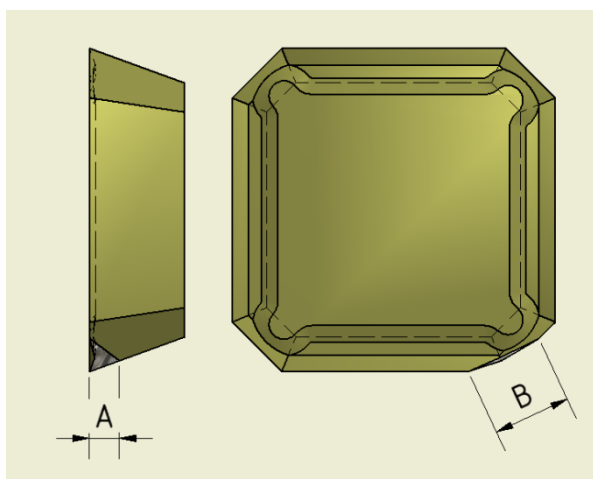
Měření trvanlivosti nástroje bylo provedeno u vybraných vzorků nožů postupně u všech zkoušených materiálů. Aby bylo možné porovnat dosažené hodnoty, měření bylo provedeno za konstantních řezných podmínek. Tím jsme se vyhnuli výraznému zkreslení výsledku. Měření bylo prováděno tak, že jsme barevně označili dvě protilehlé vyměnitelné břitové destičky, jejichž opotřebení jsme v průběhu obrábění měřili. Tím jsme snížili chyby, které mohou být vyvolány nerovností povrchu. Měření bylo prováděno až po obrobení 2 třísek, tím byla rovněž částečně zmenšeny možné chyby měření. Měření bylo prováděno na stejném stroji, aby byla zajištěna objektivnost a vyloučeny vlivy opotřebení stroje, jeho přesnost, tuhost soustavy atd.

2. Použité zařízení

- Frézka FA4V, včetně příslušenství (trny, podložky) výrobce TOS
- Výklopný svěrák
- Dílenský mikroskop
- Drsnoměr firmy MITUTOYO typ Surf test 211
- Digitální posuvné měřítko MITUTOYO
- čelní fréza negativní W75SN12N d = 100 mm + vbd velmi pozitivní SEER 1204AFEN

3. Způsob měření opotřebení

Měřili jsme dva rozměry opotřebení dle obrázku. K měření byl použit dílenský mikroskop. Nástroj považujeme za otupený v okamžiku, kdy přestane obrábět. Vždy jsme měřili trvanlivost jedné strany břitové destičky. Z počátku byl interval měření 2 minuty a to až do 20 minut, po té byl postupně prodlužován, protože k opotřebení již docházelo velmi pomalu. V intervalu 20 až 32 minut bylo měřeno po 4 minutách. V intervalu 32 až 80 po 8 minutách. Od 80 minut po 10 minutách až do úplného opotřebení.



4. Řezné podmínky

Otáčky (ot/min)	Posuv (mm/min)	Hloubka řezu (mm)
125	80	0,3

5. Výsledky měření

Vždy se jedná o trvanlivost jedné strany břitové destičky. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulkách.

Tabulka naměřených hodnot - měření č.4/1 (materiál- Thyrodur)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,58	0,87	0,89	1,1	0,735	0,985
2	4	0,6	0,92	0,92	1,25	0,76	1,085
3	6	0,81	1,11	1,12	1,28	0,965	1,195
4	8	0,9	1,28	1,12	1,34	1,01	1,31
5	10	0,91	1,34	1,00	1,37	1,07	1,355
6	12	1,14	1,46	1,25	1,38	1,195	1,42
7	14	1,27	1,54	1,29	1,45	1,28	1,495
8	16	1,3	1,69	1,34	1,52	1,32	1,605
9	18	1,31	1,8	1,38	1,74	1,345	1,77
10	20	1,33	1,89	1,4	1,78	1,365	1,835
11	24	1,35	2,26	1,4	1,78	1,375	2,02
12	28	1,42	2,37	1,43	1,9	1,425	2,135
13	32	1,45	2,53	1,49	2,1	1,47	2,315
14	40	1,6	2,86	1,49	2,56	1,545	2,71
15	48	1,62	3,48	1,5	2,89	1,56	3,185
16	56	1,69	3,5	1,56	3,13	1,625	3,315
17	64	1,75	3,64	1,58	3,64	1,665	3,64
18	72	1,82	3,69	1,62	3,69	1,72	3,69
19	80	1,85	3,73	1,7	4,01	1,775	3,87
20	88	2,02	4,01	1,74	4,36	1,88	4,185

Trvanlivost (min)	T =88
-------------------	-------

Tabulka naměřených hodnot - měření č.4/2 (materiál- Thyrodur)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,05	0,7	0,71	0,36	0,38	0,53
2	4	0,42	0,76	0,88	0,39	0,65	0,575
3	6	0,46	1,17	0,91	0,98	0,685	1,075
4	8	0,58	1,31	1,01	1,25	0,795	1,28
5	10	0,61	1,45	1,12	1,29	0,865	1,37
6	12	0,61	1,67	1,25	1,34	0,93	1,505
7	14	0,7	1,76	1,26	1,65	0,98	1,705
8	16	0,87	1,92	1,27	1,69	1,07	1,805
9	18	0,91	2	1,34	1,87	1,125	1,935
10	20	0,93	2,03	1,56	2,17	1,245	2,1
11	24	0,98	2,09	1,59	2,35	1,285	2,22
12	28	0,99	2,19	1,59	2,76	1,29	2,475
13	32	0,99	2,35	1,62	2,79	1,305	2,57
14	40	1,13	2,49	1,67	2,9	1,4	2,695
15	48	1,21	2,58	1,69	3,1	1,45	2,81
16	56	1,35	2,71	1,7	3,37	1,525	3,04
17	64	1,42	2,98	1,7	3,45	1,56	3,215
18	72	1,79	3,32	1,82	3,49	1,805	3,405
19	80	1,87	3,56	1,84	3,67	1,855	3,615
20	88	2,01	4,1	1,95	3,92	1,98	4,01
21	90	2,3	4,39	1,98	4,07	2,14	4,23
22	94,3	2,43	4,87	2,02	4,26	2,225	4,565

Trvanlivost (min)	T =94,3
--------------------------	----------------

Tabulka naměřených hodnot - měření č.4/3 (materiál- Thyrodur)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,51	0,88	0,45	0,74	0,48	0,81
2	4	0,76	1,11	0,48	1,19	0,62	1,15
3	6	0,91	1,2	0,67	1,19	0,79	1,195
4	8	0,93	1,42	0,71	1,34	0,82	1,38
5	10	0,98	1,5	0,72	1,52	0,85	1,51
6	12	1,02	1,8	0,8	1,56	0,91	1,68
7	14	1,09	1,9	0,87	1,62	0,98	1,76
8	16	1,22	2,22	0,89	1,69	1,055	1,955
9	18	1,26	2,29	0,94	1,00	1,1	2,035
10	20	1,29	2,45	0,98	1,94	1,135	2,195
11	24	1,34	2,76	0,99	2,22	1,165	2,49
12	28	1,42	2,9	1,12	2,34	1,27	2,62
13	32	1,5	3	1,22	2,42	1,36	2,71
14	40	1,61	3,1	1,42	2,89	1,515	2,995
15	48	1,68	3,34	1,49	3,25	1,585	3,295
16	56	1,76	3,87	1,65	3,56	1,705	3,715
17	64	1,89	3,9	1,69	4	1,79	3,95
18	72	2	3,98	1,7	4,2	1,85	4,09
19	73,25	2,42	4,07	1,77	4,63	2,095	4,35

Trvanlivost (min)	T =73,25
--------------------------	-----------------

Drsnost povrchu po obrábění byla ve všech případech 6,3.
Všechny rozměry byly v tolerančním poli.

Tabulka naměřených hodnot - měření č.5/1 (materiál- Sverker)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,33	2,05	0,79	1,79	0,56	1,92
2	4	0,44	2,15	0,91	2,06	0,675	2,105
3	6	0,45	2,2	0,93	2,09	0,69	2,145
4	8	0,51	2,22	0,98	2,18	0,745	2,2
5	10	0,63	2,29	1,15	2,29	0,89	2,29
6	12	0,72	2,3	1,25	2,38	0,985	2,34
7	14	0,77	2,35	1,28	2,42	1,025	2,385
8	16	0,79	2,38	1,38	2,72	1,085	2,55
9	18	0,79	2,44	1,45	2,73	1,12	2,585
10	20	0,81	2,56	1,51	2,82	1,16	2,69
11	24	0,81	2,62	1,76	2,89	1,285	2,755
12	28	0,83	2,64	1,78	2,9	1,305	2,77
13	32	0,85	2,64	1,91	3,04	1,38	2,84
14	40	0,85	2,66	1,96	3,19	1,405	2,925
15	48	0,91	2,78	1,99	3,21	1,45	2,995
16	56	1,14	2,81	2,04	3,45	1,59	3,13
17	64	1,25	2,89	2,06	3,56	1,655	3,225
18	72	1,48	3	2,11	3,79	1,795	3,395
19	74,75	1,69	3,82	2,26	4,13	1,975	3,975

Trvanlivost (min)	T = 74,75
--------------------------	------------------

Tabulka naměřených hodnot - měření č.5/2 (materiál- Sverker)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	1,1	1,98	0,98	1,87	1,04	1,925
2	4	1,28	2,13	1,29	1,87	1,285	2
3	6	1,32	2,28	1,36	1,99	1,34	2,135
4	8	1,34	2,29	1,74	2,23	1,54	2,26
5	10	1,48	2,45	1,75	2,25	1,615	2,35
6	12	1,48	2,54	1,8	2,46	1,64	2,5
7	14	1,56	2,71	1,82	2,76	1,69	2,735
8	16	1,76	2,73	1,96	2,79	1,86	2,76
9	18	1,79	2,83	1,98	2,83	1,885	2,83
10	20	1,82	2,99	1,99	2,88	1,905	2,935
11	24	1,92	3,07	2,15	2,9	2,035	2,985
12	28	1,94	3,25	2,29	3,07	2,115	3,16
13	32	2,19	3,39	2,35	3,56	2,27	3,475
14	40	2,34	3,46	2,49	3,99	2,415	3,725
15	48	2,49	3,8	2,76	4,07	2,625	3,935
16	53,18	2,66	3,87	2,77	4,62	2,715	4,245

Trvanlivost (min)	T = 53,18
--------------------------	------------------

Tabulka naměřených hodnot - měření č.5/3 (materiál- Sverker)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,51	1	0,58	1,79	0,545	1,395
2	4	0,52	1,19	1,2	1,79	0,86	1,49
3	6	0,67	1,22	1,22	1,8	0,945	1,51
4	8	0,69	1,29	1,24	1,85	0,965	1,57
5	10	0,72	1,29	1,27	1,89	0,995	1,59
6	12	0,89	1,36	1,42	1,99	1,155	1,675
7	14	0,89	1,67	1,49	2,3	1,19	1,985
8	16	1,02	1,69	1,49	2,43	1,255	2,06
9	18	1,09	1,8	1,68	2,44	1,385	2,12
10	20	1,09	1,87	1,77	2,56	1,43	2,215
11	24	1,31	1,89	1,8	2,7	1,555	2,295
12	28	1,39	2,09	1,87	2,87	1,63	2,48
13	32	1,4	2,26	1,89	2,89	1,645	2,575
14	40	1,56	2,35	1,89	3,3	1,725	2,825
15	48	1,7	3,01	1,98	4,18	1,84	3,595
16	56	1,78	4,15	2,1	4,56	1,94	4,355
17	62	2,13	4,72	2,72	4,87	2,425	4,795

Trvanlivost (min)

T = 62

Drsnost povrchu po obrábění byla ve všech případech 6,3.

Všechny rozměry byly v tolerančním poli.

Tabulka naměřených hodnot - měření č.6/1 (materiál- Vanadis)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,4	1,79	0,48	1,51	0,44	1,65
2	4	0,44	1,79	0,49	1,56	0,465	1,675
3	6	0,53	2,23	0,62	1,71	0,575	1,97
4	8	0,7	2,45	0,69	1,89	0,695	2,17
5	10	0,7	2,55	0,78	1,95	0,74	2,25
6	12	0,73	2,55	0,89	1,98	0,81	2,265
7	14	0,77	2,57	0,89	1,98	0,83	2,275
8	16	0,82	2,54	1,1	2,13	0,96	2,335
9	18	0,95	2,7	1,21	2,32	1,08	2,51
10	20	1	2,72	1,26	2,39	1,13	2,555
11	24	1,04	2,76	1,35	2,48	1,195	2,62
12	28	1,05	2,79	1,39	2,65	1,22	2,72
13	32	1,07	2,82	1,46	3,01	1,265	2,915
14	40	1,1	3	1,92	3,33	1,51	3,165
15	41,43	1,16	3,22	2,14	3,44	1,65	3,33

Trvanlivost (min)

T = 41,43

Tabulka naměřených hodnot - měření č.6/2 (materiál- Vanadis)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	1	0,71	0,49	1,12	0,745	0,915
2	4	1	1,12	1,07	1,19	1,035	1,155
3	6	1,32	1,22	1,43	2,19	1,375	1,705
4	8	1,34	1,35	1,49	2,25	1,415	1,8
5	10	1,49	1,52	1,62	2,32	1,555	1,92
6	12	1,54	1,57	1,62	2,36	1,58	1,965
7	14	1,55	1,61	1,63	2,49	1,59	2,05
8	16	1,57	1,62	1,63	2,67	1,6	2,145
9	18	1,59	1,63	1,66	2,87	1,625	2,25
10	20	1,63	1,79	1,67	2,89	1,65	2,34
11	24	1,69	1,94	1,7	3	1,695	2,47
12	28	1,7	2,4	1,72	3,19	1,71	2,795
13	32	1,85	2,98	1,74	2,26	1,795	2,62
14	37,9	1,86	3,2	1,75	3,6	1,805	3,4

Trvanlivost (min)	T = 37,9
--------------------------	-----------------

Tabulka naměřených hodnot - měření č.6/3 (materiál- Vanadis)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,51	1,46	0,53	1,79	0,52	1,625
2	4	0,72	1,52	0,64	2,23	0,68	1,875
3	6	0,72	1,97	0,67	2,45	0,695	2,21
4	8	0,77	2,19	0,72	2,55	0,745	2,37
5	10	1	2,2	0,77	2,57	0,885	2,385
6	12	1,06	2,34	0,83	2,72	0,945	2,53
7	14	1,07	2,56	0,86	2,76	0,965	2,66
8	16	1,09	2,64	0,88	2,82	0,985	2,73
9	18	1,2	2,76	1,04	2,94	1,12	2,85
10	20	1,22	2,79	1,36	2,99	1,29	2,89
11	24	1,37	2,81	1,67	3,11	1,52	2,96
12	28	1,79	2,99	1,84	3,2	1,815	3,095
13	31	1,96	3,06	1,94	3,3	1,95	3,18

Trvanlivost (min)	T = 31
--------------------------	---------------

Drsnost povrchu po obrábění byla ve všech případech 6,3.
Všechny rozměry byly v tolerančním poli.

Tabulka naměřených hodnot - měření č.7/1 (materiál- 19312)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,61	0,88	0,4	0,79	0,505	0,835
2	4	0,66	1,31	0,41	1,46	0,535	1,385
3	6	0,69	1,52	0,53	1,52	0,61	1,52
4	8	0,73	1,61	0,7	1,97	0,715	1,79
5	10	0,73	1,63	0,7	1,98	0,715	1,805
6	12	0,75	1,63	0,71	2,01	0,73	1,82
7	14	0,8	1,7	0,77	2,19	0,785	1,945
8	16	0,82	1,76	0,78	2,2	0,8	1,98
9	18	0,84	1,82	0,78	2,23	0,81	2,025
10	20	0,88	1,85	0,78	2,45	0,83	2,15
11	24	0,91	1,89	1	2,55	0,955	2,22
12	28	0,94	2,18	1,01	2,57	0,975	2,375
13	32	0,96	2,24	1,01	2,72	0,985	2,48
14	40	0,96	2,27	1,04	2,76	1	2,515
15	48	0,96	2,31	1,07	2,82	1,015	2,565
16	56	0,96	2,36	1,16	2,89	1,06	2,625
17	64	0,97	2,48	1,21	3	1,09	2,74
18	72	0,97	2,84	1,28	3,01	1,125	2,925
19	80	0,99	2,87	1,42	3,15	1,205	3,01
20	90	1	2,99	1,5	3,32	1,25	3,155
21	100	1,11	3,01	1,54	3,48	1,325	3,245
22	110	1,32	3,36	1,89	3,79	1,605	3,575
23	111,19	1,45	3,64	1,92	3,91	1,685	3,775

Trvanlivost (min)	T = 111,19
--------------------------	-------------------

Tabulka naměřených hodnot - měření č.7/2 (materiál- 19312)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,05	0,05	0,1	0,07	0,075	0,06
2	4	0,6	0,45	0,89	0,55	0,745	0,5
3	6	0,91	1,3	1,12	0,69	1,015	0,995
4	8	0,99	1,37	1,29	1	1,14	1,185
5	10	1,3	1,45	1,32	1,2	1,31	1,325
6	12	1,45	1,61	1,42	1,4	1,435	1,505
7	14	1,48	1,76	1,45	1,67	1,465	1,715
8	16	1,56	1,89	1,67	1,69	1,615	1,79
9	18	1,57	1,93	1,76	1,76	1,665	1,845
10	20	1,59	1,99	1,87	1,85	1,73	1,92
11	24	1,67	2	1,89	1,96	1,78	1,98
12	28	1,69	2,06	1,92	2,2	1,805	2,13
13	32	1,74	2,14	1,96	2,34	1,85	2,24
14	40	1,77	2,45	1,99	2,84	1,88	2,645
15	48	1,79	2,6	2	2,92	1,895	2,76
16	56	1,85	2,9	2,06	3,39	1,955	3,145
17	64	1,87	3	2,09	3,67	1,98	3,335
18	72	1,91	3,07	2,12	3,76	2,015	3,415
19	80	1,93	3,29	2,2	3,9	2,065	3,595
20	90	1,99	3,4	2,28	4,15	2,135	3,775
21	99	2	3,67	2,3	4,55	2,15	4,11

Trvanlivost (min)	T = 99
--------------------------	---------------

Tabulka naměřených hodnot - měření č.7/3 (materiál- 19312)

Pořadové číslo	Počet minut	Opotřebení					
		Destička 1		Destička 2		Aritmetický průměr	
		A	B	A	B	A	B
1	2	0,08	0,88	0,08	0,8	0,08	0,84
2	4	0,4	1	0,53	1,12	0,465	1,06
3	6	1	1,1	1,2	1,19	1,1	1,145
4	8	1,11	1,16	1,23	1,27	1,17	1,215
5	10	1,15	1,19	1,25	1,34	1,2	1,265
6	12	1,24	1,25	1,32	1,42	1,28	1,335
7	14	1,36	1,36	1,42	1,48	1,39	1,42
8	16	1,4	1,5	1,45	1,58	1,425	1,54
9	18	1,4	1,62	1,49	1,6	1,445	1,61
10	20	1,56	1,76	1,56	1,62	1,56	1,69
11	24	1,59	1,89	1,57	1,67	1,58	1,78
12	28	1,62	1,92	1,59	1,78	1,605	1,85
13	32	1,8	1,93	1,6	1,8	1,7	1,865
14	40	1,92	2,1	1,62	1,87	1,77	1,985
15	48	1,96	2,23	1,62	1,92	1,79	2,075
16	56	2,01	2,25	1,7	1,93	1,855	2,09
17	64	2,17	2,34	1,71	1,98	1,94	2,16
18	72	2,2	2,55	1,71	2,12	1,955	2,335
19	80	2,22	2,6	1,71	2,19	1,965	2,395
20	90	2,26	2,9	1,8	2,56	2,03	2,73
21	100	2,3	3,01	1,8	3,04	2,05	3,025
22	110	2,4	3,5	1,8	4	2,1	3,75
23	116	2,49	3,7	1,8	4,44	2,145	4,07

Trvanlivost (min)	T = 116
--------------------------	----------------

Drsnost povrchu po obrábění byla ve všech případech 3,2.

Všechny rozměry byly v tolerančním poli.

6. Závěr

Výsledky měření prokázaly, že došlo k výraznému zvýšení trvanlivosti ve všech případech. Ve všech případech byly rozměry v tolerančním poli. Drsnost povrchu byla rovněž dodržena. U materiálu 19312 byla nejmenší drsnost povrchu 3,2. U ostatních materiálů byla drsnost povrchu 6,3. Ve všech případech docházelo k lavinovému opotřebení břitových destiček. Největší trvanlivost měly vbd při obrábění oceli 19312 nejmenší u oceli Vanadis. Trvanlivosti se u jednotlivých druhů ocelí dost podstatně lišily. U všech materiálů byla provedena tři měření a jako s výsledkem bude počítáno s jejich aritmetickým průměrem.

Měření bylo provedeno ve firmě Procházka Jan – Kovoobrábění, ve dnech 1. 5. 2010 – 20. 5. 2010.

TERIER spol. s r.o. Hynaisova 75 ,
Liberec 9 , 460 07 . tel. : 048 5152659
e-mail:terier@terier.cz

NOŽOVÝ MLÝN G - 400/600 - 30kW

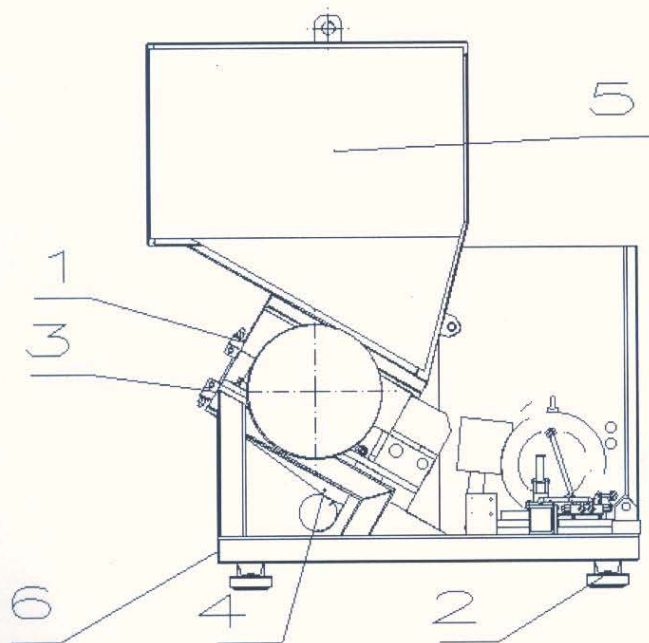
OBSAH :

- 1.0 Použití
- 2.0 Technická data
- 3.0 Technický popis
- 4.0 Návod na obsluhu
- 5.0 Návod na údržbu
- 6.0 Bezpečnost a hygiena práce
- 7.0 Seznam náhradních dílů
- 8.0 Bezpečnostní rizika

Vyrábí: TERIER spol. s r.o. Hynaisova 75 , Liberec 9 , 460 07 . tel. : 048 5152659 e-mail:terier@terier.cz

1.0 POUŽITÍ

Nožový mlýn je zařízení , které slouží k mletí a drcení technologických odpadů , zmetků a vyřazených nepoužitelných výrobků z plastu , kůže , pryže , textilie apod .



2.0 TECHNICKÝ POPIS

Ve skřini statoru (1) je otočně uložen rotor . Na statorové skřini je zavěšena násypka (5) a skříň s výsypkou (3 , 4) . Celý mlýn je uchycen na svařovaném rámu (6) na čtyřech pružných podložkách (2).

Násypka je dvouplášťová , svařovaná konstrukce , vyplněná protihlukovou izolační hmotou. Dle přání zákazníka se vyrábí ve dvojím základním provedení , pro ruční základní a pro základní dopravníkem. V horní části násypky je vytvořen "komín", jenž zamezuje vyhnutí záclon vlivem podtlaku od rotoru. Záclony jsou umístěny tak , aby nedocházelo při mletí k vylétávání materiálu z prostoru mlýnu. Násypka je konstruována tak, že není možno dosáhnout rukou do prostoru rotoru. Pro demontáž násypky jsou v horní části umístěna dvě pomocná nosná oka . **Nikdy nepoužívat k zvedání celého zařízení !** Sklápění násypky je provedeno pomocí ručního hydraulického agregátu HA-2P , který je poháněn ruční pákou. Ten pohání přes protipádový ventil přímočarý hydromotor , který sklápí nebo zavírá násypku. Pohyb nahoru nebo dolů se řídí na ručním hydrogenerátoru pomocí ruční páčky. Při přepnutí do pravé polohy dochází ke zavírání násypky. Při přepnutí páčky do levé polohy dochází k otevírání násypky.

POZOR NEMANIPULOVAT S HYDRAULICKÝM AGREGÁTEM POKUD JSOU OTOČNÉ ŠROUBY NÁSYPKY ZAVŘENÉ!!!!

Skříň statoru je tuhý svařenec , ve kterém jsou uloženy šikmo dva statorové nože , jejichž poloha při seřizování je dána distančními šrouby na nožích , které je nutné po seřizení zajistit kontramatkou . Statorová skříň nese ložisková tělesa s válečkovými ložisky na obou stranách naklápěcími , v nichž je uložen rotor . Rotor je svařovaný a jsou na něm uchyceny tři dvojice nožů. Nože svírají s osou rotoru shodný úhel , jako nože statorové . Jejich poloha je dána distančními šrouby , které je nutné jistit kontramatkou . Vzájemně šikmé uložení statorových a rotorových nožů , snižuje řezné síly a hlučnost při mletí a zajišťuje konstantní nožovou mezeru po celé délce nožů . Životnost nožů závisí na dokonalém seřizení stříhu, což je cca **0.2 / 0.5 mm** .

Ve spodní části statorové skříně je zavěšen rošt síta , jež nese síto standardně osazené typem se čtvercovými oky 8/8 mm a dostatečnou propustností drtě . Síto je možno vyměnit dle přání zákazníka . Skříň síta je uzavřena výsypkou .

**POZOR JE NUTNO VŽDY ZKONTROLOVAT ZDA SÍTO PŘI UZAVŘENÍ ROŠTU JE
USAZENO DO PŘEDNÍHO A ZADNÍHO ZÁFREZKU NA SKŘINI STATORU!!!!VIZ.
OBRÁZEK MLECÍHO PROSTORU.**

Drt' je odsávána z prostoru výsypky standardně dopravním ventilátorem . Spirální skříň ventilátoru je dvouplášťová , s výsypkou je propojena pružným potrubím . Nestandardně může být drt' odsávána podtlakovým systémem .

Skříň síta a násypka jsou na skřini statoru uloženy tak , aby byl po jejich odklopení možný přístup k seřízení statorových - rotorových nožů k jejich demontáži či

montáži, čištění dosedacích ploch a k celkové kontrole mlecího prostoru .Obě tyto části zajistíme pomocí otočných šroubů na čelní straně skříně statoru .

Mlýn je uchycen na svařeném rámu z profilů , na kterém je zároveň umístěn motor , kryt převodů - (převod na rotor klínovými řemeny) s elektroinstalací . Bezpečnost provozu proti přetížení zajišťují kluzné spojky se střížnými šrouby , na kterých je montována řemenice případně setrvačnick ke zvýšení setrvačnosti rotoru a síle výkonu .

Pro splnění hladiny hlučnosti je mlýn opatřen protihlukovými kryty , které jsou z jeklových rámu opechované a uvnitř vylepené hlukpohlcujícím molitanem.Tyto kryty mají rukojeti pro snadnou manipulaci .Nasazují se na dvojici čepů a zajišťují se bednovými uzávěry proti uvolnění.**Je zakázáno otevírat tyto kryty při chodu stroje!**

Povrch zařízení je upravován dle požadavku zákazníka , standardně však nanášen syntetický základ a vrchní syntetický email .

Ochrana proti náhodnému spuštění při odklopené násypce nebo skříní síta je zajištěna bezpečnostními koncovými spínači dle Evropské normy .

3.0 TECHNICKÉ ÚDAJE

Hlavní rozměry :	Šířka	2150 mm
	Délka	1600 mm
	Výška	2300 mm (závisí na typu násypky)

Mlecí výkon : **150-600 kg /hod**
dle druhu materiálu a velikosti ok v sítu

Rozměry rotoru:	Průměr	400 mm
	Délka	600 mm

Počet nožů : **2/3**

Otáčky rotoru : **700 ot/min**

Hmotnost : **1 500 kg**

Napětí : **380 V. 50 Hz**

Celkový příkon : **typ.....400 / 600 18,5; 30 KW**

4.0 NÁVOD K OBSLUZE

4.1 INSTALACE MLÝNU :

Mlýn je nutno ustavit na rovnou , pevnou podlahu , není nutné jeho kotvení . Elektrické připojení mlýnu viz elektrovýzbroj. Prostor , ve kterém je mlýn instalován výrazně ovlivňuje celkovou hlučnost na pracovišti. Mlýn se nedoporučuje instalovat do malých místností *vzhledem k bezpečnosti práce a s nízkým stropem z důvodu velké hlučnosti .*

4.2 PŘÍPRAVA PŘED SPUŠTĚNÍM: (NUTNO ZKONTROLOVAT !!!)

- *v případě montáže nových , nebo přebroušených nožů , je nutné zkontrolovat jejich veškeré dotažení. Stavěcí šrouby jak na rotoru , tak na statoru skříně je nutné jistit kontramaticí !*

- *před dovršením odklopných částí zkontrolovat vstupní otvory koncových spínačů , kde může dojít k zanešení .(nežádoucích nečistot) !*

- *dotažení upínacích šroubů násypky a skříně síta !*

- *upnutí výsypky , spojovacího potrubí s dopravním ventilátorem a spojovacího potrubí mezi dopravním ventilátorem a cyklonem !
(platí pro standardní provedení)*

uzavření všech odhlučňovacích panelů

4.3 SPUŠTĚNÍ MLÝNU

- *zapnout hlavní vypínač a zkontrolovat stav sepnutí koncových spínačů násypky a skříně síta (kontrolka na rozvaděči) . Tlačítkem " START " spustit mlýn včetně dopravního ventilátoru . Během mletí je nutno vhazovat díly určené k drcení rovnoměrně tak , aby nedocházelo k nadměrnému přehlcení mlecího prostoru . Tento stav je patrný indikací zvýšené proudové zátěže na ampérmetru .*

*(VELIKOST MAXIMÁLNÍHO PRŮŘEZU PLASTOVÉHO ZMETKU 5 000 mm², např.
25 x 200 mm)*

4.4 UKONČENÍ PROVOZU

- *mletý materiál je nutno nechat dostatečně dlouho " vymlít " tak , až je mlecí prostor prázdný (mlýn běží tiše , bez rázů , ampérmetr je uklidněn) .*

Tlačítkem " STOP " ukončit provoz .

4.5 PROVOZ SE ZAKLÁDACÍM PÁSOVÝM DOPRAVNÍKEM

- V této konfiguraci je spuštění pásového dopravníku blokováno , pokud není v provozu mlýn. Pásový dopravník je automaticky vypnut při vypnutí mlýnu . Dopravník má samostatné ovládání " START " " STOP "
-

5.0 NÁVOD K ÚDRŽBĚ

5.1 KONTROLA A ÚDRŽBA NOŽŮ

Nože je třeba udržovat stabilně ve velmi dobrém stavu , otupené břity nožů zhoršují výrazně podmínky mletí a kvalitu mleté drtě . Otupené ostří má též vliv na hlučnost , životnost a řezné síly .

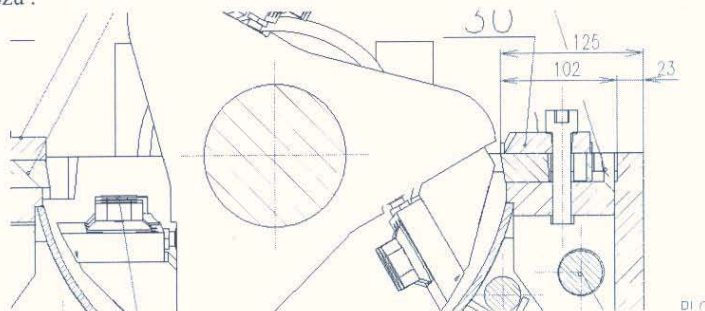
Přebroušení nožů se provádí na bruskách na plocho . Rotorové nože je nutno brousit pod úhlem

30 st. , statorové pod úhlem **9 st.** . Nože je třeba nabrousit do vysokého stupně ostrosti . Nože není nutno při broušení sadovat , každý nůž je možno brousit samostatně . *Nože brousíme*

na čelní straně ostří , nikdy jeho plochu ! Budoucí poloha nožů je dána seřízením distančními šrouby . Distanční šrouby je možno nastavit mimo mlýn na přebroušené desce - měřit nádrhem, nebo v jednoduchém přípravku .

Šrouby seřídít tak , aby vzdálenost ostří nože od vrchlíku hlavy distančního šroubu byla : zadní statorový nůž (102 - 0.15 mm) .

Po seřízení rozměru na zadních statorových nožích se provede jejich montáž . Podle nich se potom osadí rotorové nože a seřídí se mezera pomocí listu papíru , až dochází k jejich stříhání . Podle osazených a utažených rotorových nožů se nastaví přední statorové a seřídí se opět mezera na stříhání papíru . Tím je zaručena minimální nožová mezera mezi statorovými a rotorovými noži . Po každém seřizování je nutné překontrolovat správnost seřízení dle papíru při mýjení nožů .



POZOR !!!

Je zakázáno mazat závity pro utahování nožů !!!

Doporučujeme nože utahovat na příslušné utahovací momenty:

<u>ŠROUB M 24</u>	-----770 Nm
<u>ŠROUB M 20</u>	-----445 Nm

5.2 OSTATNÍ ČINNOSTI

- pravidelná kontrola napnutí řemenů (především při záběhu mlýnu v prvních dnech provozu , jednou týdně) .
- doplňování tuku v ložiskách (NH 2 , jednou měsíčně) **POZOR ! : nikdy A/00 !!!**
- kontrola stavu pryžových žaluzií v násypce .
- kontrola a čištění mlecího prostoru a stavu nožů : jednou týdně .
- kontrola dotažení nožů , dotažení provádět momentovým klíčem na hodnotu :
(770 Nm pro M24 a 445 Nm pro M 20)

6.0 BEZPEČNOST A HYGIENA PRÁCE

Nožový mlýn je nebezpečné zařízení , které smí obsluhovat pouze proškolená osoba starší 18 let.

Všechny opravy a seřizování el. Zařízení smí provádět pouze osoba s elektrotechnickou kvalifikací.

Je zakázáno demontovat odhlučňovací panely za chodu stroje!

Doporučujeme , aby práce v mlecím prostoru vykonávala vždy pouze jedna osoba z důvodu zamezení úrazu!-viz. Bod 9.0. Bezpečnostní rizika

6.1 OCHRANNÉ KRYTY

Stroj splňuje podmínku ČSN 82 2041 , aby kryty tvořily organický celek se strojem , aby byly spolehlivě připevněny a nezabraňovaly provozu a obsluze .

**JE ZAKÁZÁNO PRACOVAT NA STROJI PŘI
ODKRYTOVÁNÍ !!!**

6.2

HLUČNOST STROJE

Z měření hlučnosti podle směrnice § 8 č. 1 je nejvyšší ekvivalentní hlučnost nad hranicí stanovenou hygienou a obsluha je povinná používat ochranných pomůcek sluchu.

7.0.SEZNAM NÁHRADNÍCH DÍLŮ

1. LOŽISKO 22 222 JB	ČSN 024705	2 ks
2. KLÍN.ŘEMEN SPA-Lp2800	ČSN 023112	SADA PO 6 ks
3. ŠROUB M20x80	ČSN 011143	12 ks
4. ŠROUB M 24x55	ČSN 02 1103	18 ks
5. SADA NOŽŮ	TERIER s.r.o.	3/2
6. SÍTO	TERIER s.r.o	1 ks
7. LOŽISKOVÉ TĚLESO S 522	TERIER s.r.o.	2 ks
8. HM 50/25/400 121 111	REROSA HUSTOPEČE	1 ks
9.H.AGREGÁT HA-16-2P	HYDRAULIKA BENEŠOV	1 ks
10.PROTIPÁD.VENT.VS-DE-NN	HYDROMA UH.BROD	1 ks
11.HADICE DN 8-300	HYDROMAT LIBEREC	1 ks
12.HADICE DN 8-600		1 ks
13.HADICE DN 6-500		1 ks
14.HADICE DN 6-400		1 ks

8.0.BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA

Pozor při manipulaci s noži je možnost se poranit o břit nože.Doporučujeme práci při demontáži a montáži pracovní rukavice. Při montáži a demontáži nožů hrozí nebezpečí ustříhnutí prstů při neopatrné rotaci s rotorem.Rotor má velkou setrvačnost a nelze ho okamžitě zastavit.

Pozor je zakázána montáž a demontáž v mlecím prostoru více než jedné osoby, V opačném případě hrozí ustřížení prstů seřizovače druhou osobou.

Pozor při manipulaci s roštem síta při montáži a demontáži je nutno si pomoci s roštem pomocí páky , aby po uvolnění posledního šroubu nedošlo k pádu roštu nebo poškození páteře obsluhy – pozor napokládat nohy na rám stroje.

Pozor nemanipulovat s ventilátorem nebo potrubím pokud ventilátor není zastaven .

Pozor při sklápění násypky pomocí ručního hydraulického agregátu nesmí se nikdo pohybovat v prostoru mlecího prostoru , aby nedošlo k rozdrcení prstů nebo úrazu hlavy.

Z důvodu úrazu hlavy o různé hrany stroje doporučujeme používat ochrannou přilbu.

Je zakázáno demontovat odhlučňovací panely za chodu stroje!

[illegible]